

# IMPACT D'UN PROGRAMME MULTISESSION DE LPG CELLU M6 ALLIANCE®

Effets sur les performances cognitives,  
la qualité de sommeil, les niveaux de  
stress et d'immunité chez des  
personnes stressées.

Pr. Christophe Hausswirth, PhD<sup>1,2,3</sup>, Dr. Alexandre Coste, PhD<sup>1</sup>, Dr. Vincent Raimondi, MD, PhD<sup>4</sup>, Dr. Cyril Schmit, PhD<sup>1</sup>, Dr. Anis Aloulou, PhD<sup>5</sup>, Dr. François Duforez, MD<sup>5</sup>, Nathalie Paradis<sup>6</sup> & Pr. Damien Léger, MD, PhD<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Institut beScored, Sophia-Antipolis (France) ; <sup>2</sup> Université Côte d'Azur, Nice (France) ;  
<sup>3</sup> University of Technology, Sydney (Australia) ; <sup>4</sup> Cerballiance Côte d'Azur, Cagnes-sur-Mer (France);  
<sup>5</sup> European Sleep Center, Paris (France) ; <sup>6</sup> Medical Esthetic LPG® Expert, Sophia-Antipolis (France)  
<sup>7</sup> Centre du Sommeil et de la Vigilance, Hôtel Dieu, Paris (France)

**beScored**  
Institute

UNIVERSITÉ  
CÔTE D'AZUR

**UTS**

**Cerballiance**

European  
sleep  
center  
PARIS



**LPG**  
endermologie

# 1. INTRODUCTION

Si la santé physique et l'espérance de vie en bonne santé progressent régulièrement chaque année en Europe, ce constat n'est pas avéré lorsque l'on parle de santé mentale. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), notre santé mentale contribue directement à notre santé globale. Celle-ci correspond à « un état de bien-être mental qui nous permet d'affronter les sources de stress de la vie, de réaliser notre potentiel, de bien apprendre et de bien travailler, et de contribuer à la vie de la communauté » (OMS, 2005). Il est ainsi observé que l'ensemble des maladies liées au stress telles que l'épuisement professionnel, les troubles avérés du sommeil, la tension nerveuse, les états d'anxiété et la sensibilité aux différentes infections a considérablement augmenté. Ces maladies entraînent très régulièrement un diabète de type 2, une baisse des fonctions immunitaires ou des troubles cognitifs ; celles-ci se développent sur de longue période et entraîne ainsi une véritable incapacité à travailler. Ainsi, les troubles psychologiques représentent la seconde cause d'arrêt maladies en France en 2022 où 42% des salariés se sont vu prescrire un arrêt maladie. De plus, il est admis que les personnes démontrant un niveau de stress élevé sont plus sujettes aux blessures, aux maladies voire aux insomnies (Mirchandaney et al. 2022). Le stress est connu notamment pour élever notre fréquence cardiaque, provoquer une élévation du cortisol et augmenter notre tension artérielle, provoquer des maux de tête, des problèmes digestifs, des problèmes de sommeil, des maladies cardiaques, des problèmes de mémoire et de concentration. Tout cela affecte notre système immunitaire et nous rend physiquement plus vulnérable aux infections (Jarron et al. 2018 ; Mirchandaney et al. 2022 ; Segerstrom et Miller 2004).

Dans ce contexte, différentes techniques non-médicamenteuses ont fait l'objet de recherches afin de pouvoir diminuer les niveaux de stress de personnes surmenées ou ayant des troubles du sommeil (Hauswirth et al. 2022). Parmi ces thérapies, le massage est souvent avancé comme étant d'une efficacité prouvée ; en effet, il a été montré notamment qu'un massage relaxant pouvait significativement réduire les concentrations de cortisol, augmenter les taux de sérotonine et de dopamine (Field et al. 2005). Pour confirmer ces données, plusieurs études menées sur le stress au travail ont montré notamment qu'un «massage sur chaise» de 15 minutes par jour durant 1 mois (dos, épaules, cou et tête) provoquait un renforcement de la concentration (visibles à l'électro-encéphale-graphe, EEG), une diminution du stress (i.e., cortisol), de meilleures performances cognitives (plus de rapidité et de précision dans la réalisation de tâches de calculs), une dynamisation de l'esprit d'équipe, une augmentation de l'attention, une amélioration de la créativité, une diminution de l'absentéisme au travail et une augmentation de la motivation (De Souza et al. 2021). Ajouté à cela, Garner et al. (2008) ont examiné l'efficacité du massage dans la réduction du stress, de l'anxiété et de l'agressivité chez de jeunes adultes. Cette étude interventionniste a été conduite en comparant le traitement dit « normal » de patients avec une suite de traitements comportant des interventions en massage sur une période de sept semaines consécutives. L'étude a démontré une réduction importante de l'anxiété, de la fréquence cardiaque de repos et des niveaux de cortisol, tandis que des améliorations notables des



résultats aux tests mesurant l'hostilité et la dépression ont été observées chez le groupe en traitement. Une autre étude plus récente a mis en évidence que le massage a des effets positifs immédiats sur les mesures liées à l'anxiété et réduit le stress chez les patients hospitalisés souffrant de troubles cognitifs (Nazari et al. 2015). En plus de pouvoir diminuer notre stress, le massage est aussi connu pour augmenter la qualité de sommeil de personnes ayant une insomnie passagère.

L'insomnie est déterminée par un manque de temps passé au lit, une diminution de la qualité de sommeil et un sommeil interrompu pouvant affecter de manière significative nos activités de la journée (American Psychiatric Association, 2000). De plus, avec l'augmentation régulière de notre rythme de vie, et en raison d'une pression professionnelle de plus en plus importante, l'incidence de l'insomnie a progressivement augmenté et les patients peuvent avoir des difficultés à s'endormir et présenter ainsi non seulement des troubles du sommeil, mais aussi des troubles de l'humeur, une fatigue chronique, une irritabilité accrue, tout cela entraînant une diminution de l'efficacité au travail (Feige et al. 2023). Ces changements peuvent conduire à des états de stress intense, et pourraient provoquer des maladies cardio-vasculaires chroniques et voire des maladies du système nerveux. Actuellement, l'une des principales



options thérapeutiques est l'intervention médicamenteuse pour traiter l'insomnie et l'autre est la thérapie comportementale. Ainsi, les mécanismes potentiels par lesquels le massage pourrait diminuer l'insomnie sont essentiellement les axes nerveux (stimulation du nerf vague) et le système endocrinien [axe hypothalamo-pituitaire adrénal (HPA)]. Ces deux systèmes seraient à prendre en considération pour la gestion de l'insomnie (He, 2019).

Dans ce contexte, une thérapie par vibration abdominale a été récemment mise en œuvre ; c'est une technique de

massage qui utilise les méridiens pour faciliter l'efficacité de nos organes dans le corps (Zhang et al. 2014). Cette technique est basée sur le massage viscéral, combinant ainsi la théorie moderne de l'interaction cerveau-intestin. Cela pourrait conduire progressivement à la formation d'une technique visant à améliorer la fonctionnalité de notre cerveau en traitant nos intestins (Zhang et al. 2021). En outre, sur la base des résultats de plusieurs études, il a été confirmé que la vibration abdominale pouvait améliorer de manière significative les symptômes des patients souffrant d'insomnie, et ainsi renforcer les activités neuronales. Il a ainsi été prouvé qu'il existe probablement une interaction cerveau-intestin dans le traitement de l'insomnie. Cependant, en raison de diverses limitations dans le diagnostic clinique, les normes de traitement et l'éthique médicale, il y a encore un manque de recherche sur le mécanisme spécifique de l'interaction cerveau-intestin dans le traitement de l'insomnie par le massage abdominal (Zhang et al. 2020). Traiter l'insomnie passe alors sans doute par la compréhension des différents facteurs de stress qui pourraient induire des périodes d'insomnie prolongées tout en modifiant une partie de nos défenses immunitaires.

L'utilisation du massage comme moyen efficace d'augmenter nos défenses immunitaires a été mis en évidence récemment. En effet, une étude suggère que le massage régulier augmente naturellement la capacité du système immunitaire sain à tuer certaines cellules pour améliorer

la fonction immunitaire globale de l'organisme (Poland et al. 2013). Les participants de cette étude ont montré notamment une augmentation conjointe de la sérotonine et des cellules qui constituent la défense initiale du système immunitaire contre les infections et les maladies. Une autre étude plus récente a été conduite sur une population de femmes enceintes en bonne santé et dont l'hypothèse était de montrer les avantages d'ordre immunitaires du massage (Chen et al. 2017). Ces chercheurs ont découvert que le groupe recevant un massage aux huiles présentait une réduction significative des niveaux de cortisol et une amélioration des niveaux d'autres marqueurs immunitaires comme les immunoglobulines A. Cette étude présente des preuves évidentes que le massage pourrait réduire considérablement le stress et améliorer la fonction immunitaire chez les femmes enceintes. Pour conforter ces résultats, une étude a pu démontrer que les personnes ayant eu une seule séance de massage subissent également des changements significatifs dans leurs réponses immunitaires et hormonales (Rapaport et al. 2010). Ils ont ainsi comparé les effets d'une séance de 45 minutes de massage suédois ou d'un simple effleurage de même durée (Rapaport et al. 2010, 2012). Les chercheurs ont constaté que les personnes qui ont reçu un massage suédois ont subi des changements significatifs de leur nombre en lymphocytes qui jouent un rôle important dans un système immunitaire sain. Les mêmes résultats ont été démontrés pour certains lymphocytes T régulateurs (CD8+ et CD56+).

À ce stade, l'étude des effets cumulatifs du massage présente un véritable défi ; il est ainsi possible qu'un effet dose-réponse existe et que plusieurs séances de massages puissent provoquer des effets plus nombreux notamment sur les défenses immunitaires.

## **2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE**

Cette étude a examiné les effets d'un programme de dix séances de massages mécanisés sur les paramètres immunitaires, de sommeil et de stress chez des personnes stressées et présentant des troubles du sommeil. Nous avons émis l'hypothèse qu'un programme de cinq semaines de massages mécanisés améliorera la qualité du sommeil de tous les participants, normalisera leurs symptômes liés au stress et augmentera les paramètres liés à l'immunité. Nous avons également fait l'hypothèse que l'utilisation répétée de massages mécanisés améliorera certains facteurs cognitifs chez l'ensemble des participants en comparaison avec un groupe placebo.

## **3. MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **3.1. Approbation éthique**

Cette investigation clinique (n° 2022-A01741-42) a été approuvée par un comité de protection des personnes (CPP Sud-Est I) le 12/09/2022 et a été réalisée conformément aux bonnes pratiques cliniques en vigueur au sein de l'institut beScored à Valbonne et du laboratoire de biologie médicale Cerballiance Saint-Jean à Cagnes-sur-Mer du 12/01/2023 au 14/06/2023. Après avoir reçu des explications claires sur la nature de l'étude, ses objectifs, son déroulement, ainsi que les risques associés, tous les participants ont donné leur consentement éclairé recueilli par écrit.

## 3.2. Participants

Au total, 32 participants, âgés de 22 à 57 ans, ont volontairement pris part à cette étude dont 29 ont suivi le programme dans son intégralité et ont donc été retenus pour l'analyse (voir [figure 1](#)). Ils ont été randomisés en 2 groupes : un groupe expérimental (G-EXP) et un groupe placebo (G-PLA). Les participants du G-EXP ont ainsi réalisé un programme de 10 séances de massages via le Cellu M6 Alliance<sup>®</sup> selon le protocole défini un peu plus loin. Les participants du G-PLA ont réalisé, quant à eux, un programme de 10 séances de massages via le Cellu M6 Alliance<sup>®</sup>, mais avec l'intensité la plus faible, c'est-à-dire sans aspiration ni mobilisation du pli cutané, contrairement à une séance d'endermologie<sup>®</sup> classique.

Les critères d'inclusion et de non-inclusion pour cette étude étaient les suivants :

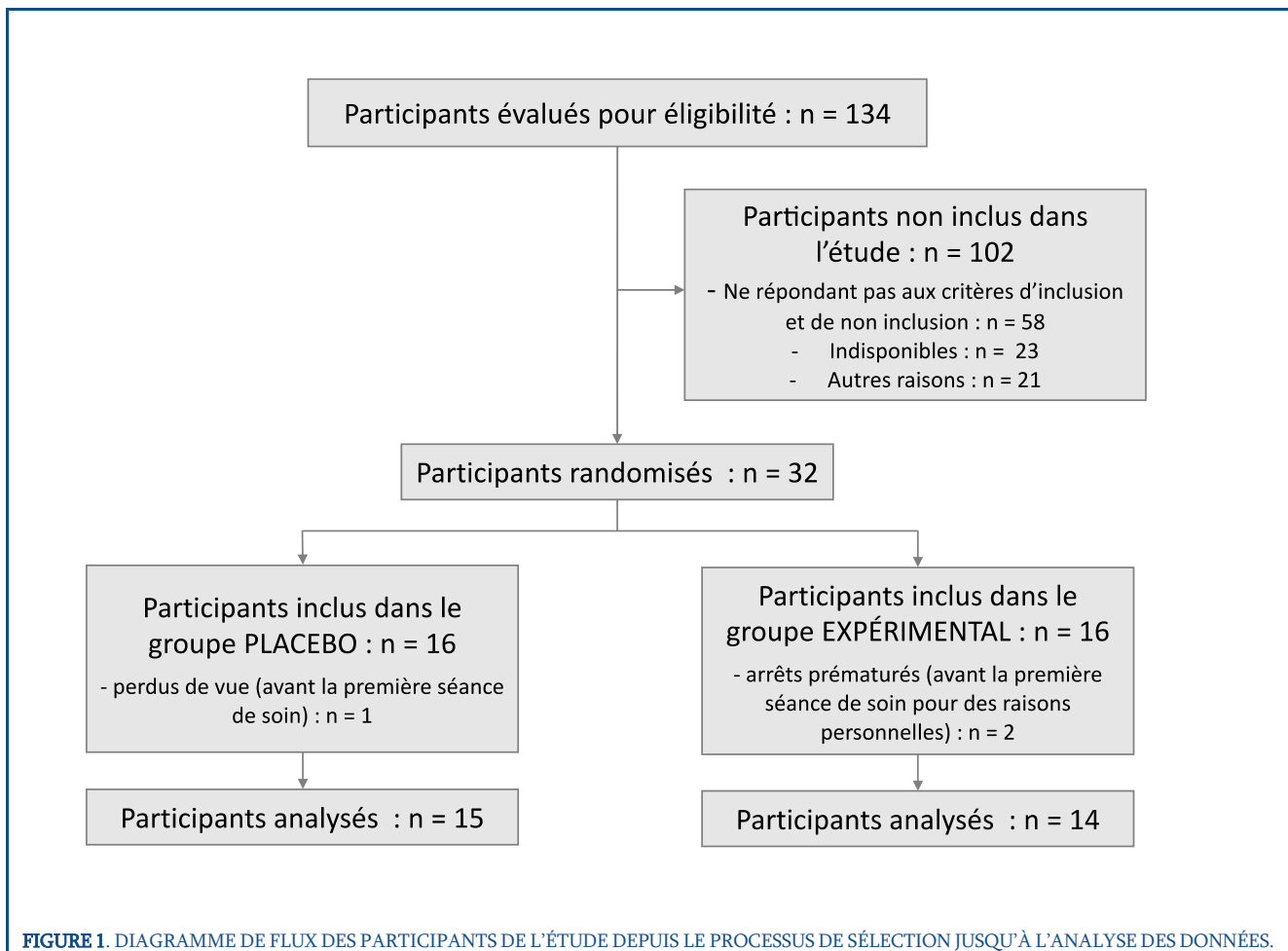
### 3.2.1. Critères d'inclusion

- Volontaire en bonne santé,
- De sexe masculin ou féminin,
- Présentant un niveau d'activité physique hebdomadaire sous le seuil du niveau recommandé par l'Organisation Mondiale de la Santé (i.e., moins de 300 minutes d'activité physique d'intensité modérée ou moins de 150 minutes d'activité physique d'intensité soutenue),
- Ayant un score strictement supérieur à 7 au questionnaire *ISI (Insomnia Severity Index)*, et un score strictement supérieur à 13 au questionnaire *PSS (Perceived Stress Scale)*,
- Pour les femmes en âge de procréer et sexuellement actives, nécessité d'utiliser une méthode contraceptive efficace (i.e., index de *Pearl* < 1) pendant toute la durée de l'étude.



### 3.2.2. Critères de non-inclusion

- Personnes présentant une ou plusieurs contre-indications connues aux soins endermologie<sup>®</sup>,
- Personnes vulnérables telles que définies dans les articles L. 1121-5 à L.1121-8 et L.1122-1-2 du Code de la Santé Publique (ex. : personnes privées de liberté, mineurs, majeurs protégés, etc.),
- Personnes ayant déjà pratiquées une ou plusieurs séances d'endermologie<sup>®</sup>,
- Absence d'affiliation à un régime de sécurité sociale,
- Absence de consentement / refus de coopérer.



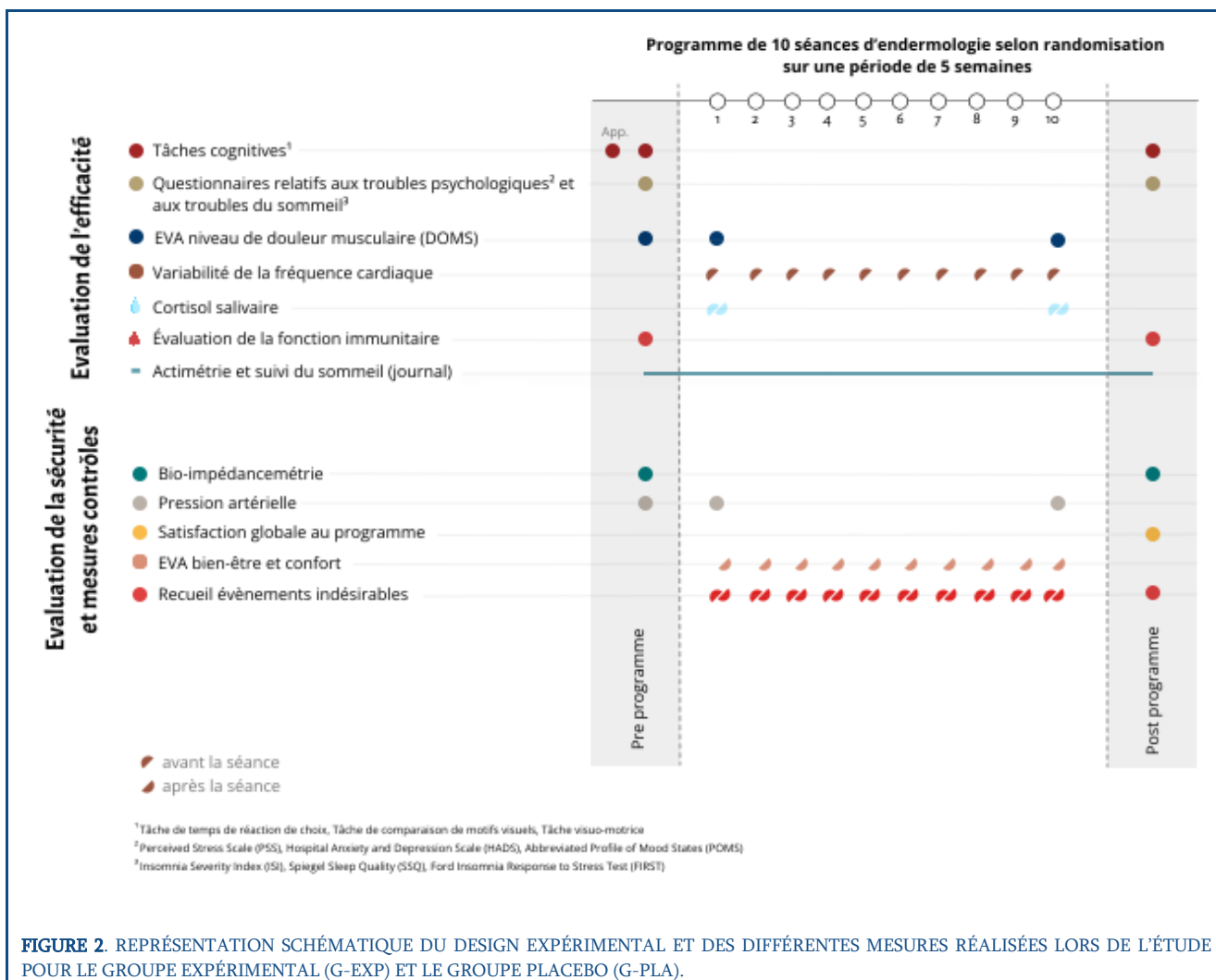
### 3.3. Design expérimental

La présente étude est une étude interventionnelle, bi-centrique, randomisée, en simple aveugle, au cours de laquelle les participants des deux groupes (G-EXP et G-PLA) ont suivi un programme de 10 séances de 40 min de massages mécanisés via le nouveau Cellu M6 Alliance<sup>®</sup> avec une thérapeute diplômée et certifiée LPG<sup>®</sup> (Nathalie Paradis, masseur-kinésithérapeute D.E., ostéopathe D.O. et formatrice experte LPG<sup>®</sup>). La comparaison entre le groupe expérimental et le groupe placebo a permis ainsi d'évaluer l'action propre du massage mécanisé sur les performances cognitives, la qualité de sommeil, les niveaux de stress et d'immunité, indépendamment des effets psychologiques potentiels.

Concernant le programme, celui-ci s'est déroulé sur une période de 5 semaines, à raison de 2 séances hebdomadaires séparées entre elles de 48h minimum. Différentes mesures,



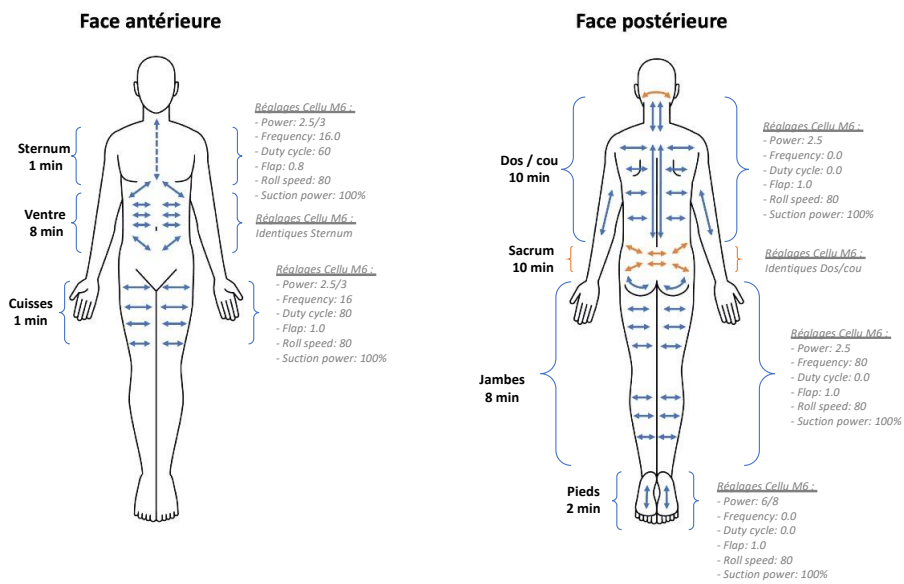
présentées sur la [figure 2](#) et détaillées ci-après, ont été réalisées avant, pendant et après le programme pour les participants des deux groupes (G-EXP et G-PLA).



Afin d'éviter tout biais, l'ensemble des mesures a été réalisé par le même expérimentateur, et il a été demandé aux participants de ne pas appliquer de crèmes ou de soins pour le corps pendant toute la durée de l'étude. Par ailleurs, aucune exposition au soleil ou aux infrarouges n'a été autorisée pendant cette période, tout comme la pratique de séances de massages, de cryothérapie, de sauna ou de hammam. Enfin, les participants se sont engagés à ne pas modifier leurs habitudes de vie, que ce soit en ce qui concerne la pratique d'activités physiques et sportives ou leur alimentation.

### 3.3.1. Déroulé des séances

Les séances d'endermologie® duraient 45 minutes chacune, comprenant 5 minutes de mise en place et 40 minutes de traitement. Après avoir revêtu une combinaison individuelle spécialement conçue pour les soins endermologie®, les participants devaient s'allonger sur une table de massage, dans un premier temps en position de décubitus dorsal (i.e., sur le dos), permettant à la thérapeute de travailler pendant 10 minutes sur la face antérieure du corps, puis en position de décubitus ventral (i.e., sur le ventre) pour le travail de la face postérieure pendant 30 minutes (voir la [figure 3](#) ci-après pour une vue d'ensemble des zones corporelles traitées et du découpage temporel).



**FIGURE 3.** REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES DIFFÉRENTES ZONES CORPORELLES CIBLÉES ET DES DÉPLACEMENTS ET DURÉES DE LA TÊTE DE TRAITEMENT DU CELLU M6 ALLIANCE® CHEZ LES PARTICIPANTS DES DEUX GROUPES (G-EXP ET G-PLA). À NOTER QUE LES RÉGLAGES DU SYSTÈME, MENTIONNÉS EN GRIS, SONT CEUX DU GROUPE EXPÉRIMENTAL UNIQUEMENT. SE RÉFÉRER AU CORPS DE TEXTE POUR PLUS DE DÉTAILS CONCERNANT LES RÉGLAGES DU GROUPE PLACEBO.

L'appareil utilisé était le Cellu M6 Alliance® de la marque LPG systems. Ce dernier est un dispositif médical de classe IIa (certificat N°20M00111CRT01) permettant des manœuvres variées de mobilisation cutanée au moyen d'une tête de traitement dotée d'une force d'aspiration permettant la saisie d'un pli cutané. La mobilisation du tissu cutané et sous-cutané se fait par des rouleaux et clapets à l'intérieur de la tête de traitement. De nombreux réglages sont possibles pour une action plus ou moins profonde, plus ou moins intense. La figure 3 présente ainsi les réglages du Cellu M6 Alliance®, en fonction des zones corporelles traitées, pour le G-EXP. En ce qui concerne le G-PLA, les déplacements de la tête de traitement ainsi que les durées d'application étaient strictement les mêmes que pour le G-EXP (comme indiqué sur la figure 3), cependant les réglages du Cellu M6 Alliance® différaient : *Power* : 0, *Frequency* : 0.0, *Duty cycle* : 0.0, *Flap* : 1.0, *Roll speed* : 100, *Suction power* : 100% pour l'ensemble du corps.

### 3.4. Outils et mesures

#### 3.4.1. Évaluation du stress, de l'anxiété et de l'état d'humeur

Les niveaux de stress des participants ont été évalués, objectivement, en utilisant deux méthodes distinctes : la mesure du cortisol salivaire et la mesure de la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC). Concernant la mesure du cortisol, des échantillons de salive ont été prélevés



à l'aide de Salivettes® (Sarstedt-Salivette) immédiatement avant le traitement et 15 min après la fin du traitement lors de la première (S1) et de la dernière séance de soin (S10). Afin de garantir la fiabilité des résultats, les séances ont été programmées au même créneau horaire, et il a été demandé aux participants de s'abstenir de fumer pendant 4 heures précédant le prélèvement, ainsi que de ne pas manger, ni boire de boissons chaudes (e.g., thé, café) ou sucrées dans les 30 minutes précédant le prélèvement. Les échantillons de salive ont ensuite été immédiatement congelés et conservés à -20°C avant d'être analysés selon la méthodologie décrite par Vandeputte et al. (2023). En ce qui concerne la VFC, celle-ci a été mesurée tout au long du programme, au début de chaque séance, au moyen d'un capteur de fréquence cardiaque thoracique (Polar H9, Kempele, Finlande) connecté en Bluetooth à l'application *Elite HRV* (<https://elitehrv.com/>). Pour la mesure, les participants étaient allongés sur le dos dans une pièce calme pendant une période de 5 minutes. Les participants devaient porter un masque occultant et des bouchons d'oreilles. Aucune fréquence respiratoire particulière n'a été imposée. Pour l'analyse des données, seuls les intervalles RR compris entre 1 min 30 et 4 min 30 des enregistrements de la première séance (avant programme), des séances 2 à 4 (début de programme), des séances 5 à 7 (milieu de programme), et des séances 8 à 10 (fin de programme) ont été utilisés pour calculer les indices temporels de la VFC, à savoir la moyenne quadratique des intervalles R-R successifs (*RMSSD* ; Pereira et al. 2017).

Outre les mesures objectives, les niveaux de stress, d'anxiété et de bien-être psychologique (états d'humeur) des participants ont été évalués, subjectivement, à l'aide d'auto-questionnaires réalisés avant et après le programme de 10 séances : *Perceived Stress Scale (PSS-10)*, *Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)* et *Abbreviated Profile of Mood States (POMS abrégé)*.

### ***Perceived Stress Scale (PSS-10)***

Dans un premier temps, les participants ont dû compléter la version française du questionnaire *PSS-10*, initialement développé en 1983 par Cohen et al. pour évaluer le niveau de stress perçu des individus. Sur les dix questions qui composent le *PSS-10*, six présentent un caractère négatif et quatre présentent un caractère positif. Une échelle de Likert allant de 0 point (jamais) à 4 points (très souvent) est utilisé pour le calcul du score, l'échelle étant inversée pour les questions à caractère négatif. Ainsi, le score total est compris entre 0 et 40, avec l'interprétation suivante concernant le niveau de stress : « faible » de 0 à 13 points, « modéré » de 14 à 26 points, et « élevé » de 27 à 40 points.

### ***Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)***

Dans un deuxième temps, les participants ont répondu à la version française du questionnaire *HADS* (Zigmond & Snaith, 1983) proposée par la Haute Autorité de Santé en 2021. Celui-ci se compose de 14 items notés de 0 à 3 points mesurant la gravité des symptômes liés à l'anxiété et à la dépression. Ainsi, pour chaque trouble psychologique, le score se situe entre 0 et 21. Un score compris entre 0 et 7 est considéré comme « normal », entre 8 et 10 comme « limite anormal », et entre 11 et 21 comme étant « anormal ».

### ***Abbreviated Profile of Mood States (POMS abrégé)***

Enfin, les participants ont répondu à la version abrégée du *POMS* (Grove et Prapavessis, 1992). Ce test psychométrique est une auto-évaluation du profil d'humeur pour laquelle le participant s'évalue sur 40 adjectifs en utilisant une échelle de Likert allant de 1 à 5 points. Ces 40 réponses

permettent de définir 6 états d'humeur (i.e., la colère, la vigueur, la dépression, la fatigue, la tension, l'estime de soi et la confusion). De plus, la perturbation totale de l'humeur (en anglais *Total Mood Disturbance, TMD*) est calculée en additionnant les totaux des sous-échelles négatives, puis en soustrayant les totaux des sous-échelles positives (i.e.,  $TMD = [Colère + Dépression + Fatigue + Tension + Confusion] - [Vigueur + Estime de soi]$ ).

### 3.4.2. Évaluation de la fonction immunitaire

Afin d'apprécier la fonction immunitaire des participants, des prélèvements sanguins ont été réalisés la semaine précédant le début du programme de soins ainsi que la semaine consécutive à la dernière séance (S10). Ces prélèvements ont permis de déterminer les taux des lymphocytes et des régulateurs lymphocytaires (i.e., lymphocytes T, CD3, CD4, CD8) par millimètre cube de sang.

### 3.4.3. Évaluation des paramètres liés au sommeil

Le sommeil des participants a également été suivi tout au long du programme au moyen d'un actimètre (*Motionwatch 8*, Cambridge Neurotechnology Ltd., Cambridge, Royaume-Uni) porté uniquement la nuit au poignet non dominant (i.e., à gauche pour les droitiers et à droite pour les gauchers). À partir des données d'actimétrie, échantillonnées à 50Hz et traitées sur des fenêtres temporelles de 30 secondes, différents paramètres ont ainsi pu être exprimés :

- le temps passé au lit (i.e., le temps total écoulé entre les instants « se coucher » et « se lever » correspondant aux marqueurs temporels établis par les participants lors de l'action du bouton sur l'actimètre);
- le temps de sommeil réel (i.e., le temps total passé en « sommeil », calculé à partir de l'activité actigraphique);
- L'efficacité du sommeil (temps de sommeil réel exprimé en pourcentage du temps passé au lit) ;
- le temps pour s'endormir sommeil ou latence du sommeil (i.e., le temps entre l'instant « se coucher » et l'instant « s'endormir ») ;
- le temps immobile ;
- l'indice de fragmentation (i.e., un indicateur de la qualité du sommeil).

À l'instar de la VFC, ces indices d'actimétrie ont été moyennés sur des périodes de 4 nuits avant le programme (avant programme), après la 1<sup>ère</sup> séance (début de programme), après la 5<sup>ème</sup> séance (milieu de programme) et après la 9<sup>ème</sup> séance (fin de programme).

Par ailleurs, les participants ont répondu à différents questionnaires, avant et après le programme, relatifs à la qualité et aux troubles du sommeil : *Insomnia Severity Index (ISI)*, *Ford Insomnia Response to Stress Test (FIRST)*, *Spiegel Sleep Quality (SSQ)*.

#### ***Insomnia Severity Index (ISI)***

Il s'agit d'un questionnaire d'auto-évaluation composé de 7 items évaluant la nature, la gravité et l'impact de l'insomnie (Bastien et al. 2001). Une échelle de Likert à 5 points est utilisée pour évaluer chaque item (de 0 = aucun problème à 4 = problème très grave) donnant un score total allant de 0 à 28 points. Le score total est interprété comme suit : absence d'insomnie (score entre 0 et 7 points) ; insomnie sous le seuil (score entre 8 et 14) ; insomnie modérée (score entre 15 et 21 points) ; insomnie sévère (score entre 22 et 28 points).

### Ford Insomnia Response to Stress Test (FIRST)

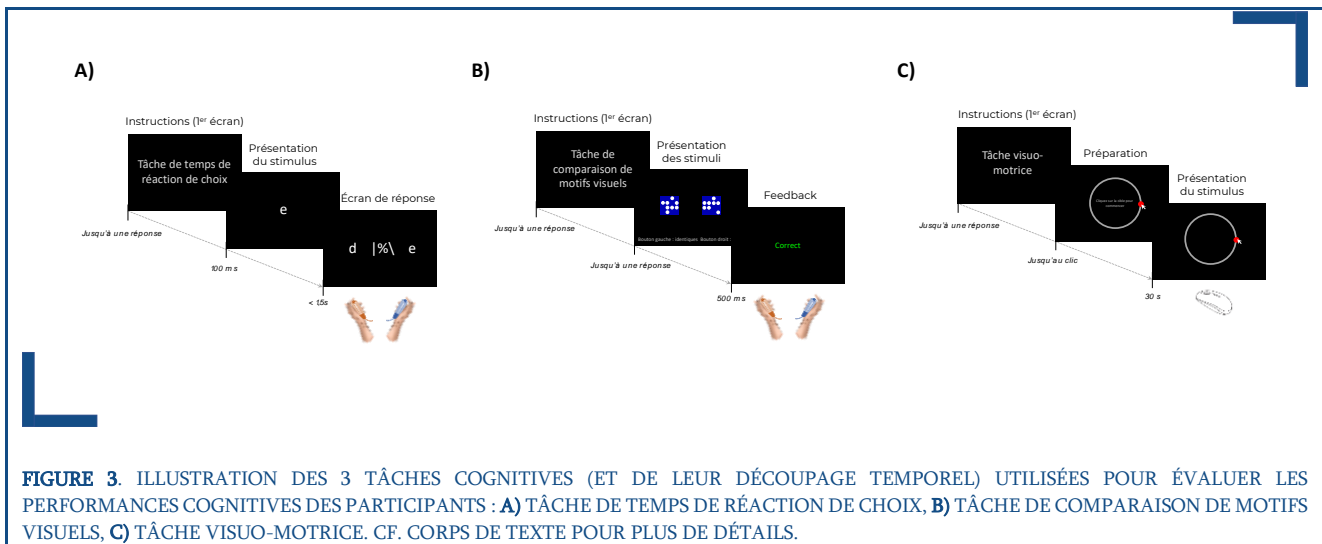
La réactivité du sommeil a été évaluée à partir de la version française du test *FIRST* validée par Chen et al. (2015). Il s'agit d'un questionnaire de 9 items visant à évaluer la probabilité qu'un individu éprouve des difficultés à l'endormissement en réponse à des situations stressantes courantes. Chaque item est auto-évalué sur une échelle de Likert à 4 points et est additionné pour donner un score total compris entre 9 et 36 points. Un score élevé indique que la réactivité du sommeil est importante, et inversement.

### Spiegel Sleep Quality (SSQ)

Enfin, afin d'évaluer la qualité de sommeil perçue, les participants ont répondu à la version française du questionnaire *Spiegel Sleep Quality* (Spiegel, 1981). Celui-ci est composé de six items notés de 0 à 5 points. Le score maximum est de 30 points et des troubles du sommeil sont identifiés lorsque le score est strictement inférieur à 24 points. Si le score est strictement inférieur à 15 points, il est généralement admis que le participant présente un état pathologique lié au sommeil.

### 3.4.4. Évaluation des performances cognitives

Trois tâches cognitives, implémentées sous Matlab/PsychToolbox et réalisées en séquence sur ordinateur, ont permis d'apprécier les effets du programme sur les performances cognitives des participants.



### Tâche de temps de réaction de choix (Choice Reaction Time, CRT)

Dans un premier temps, les participants ont ainsi réalisé une tâche de temps de réaction de choix (CRT) afin d'évaluer le temps de réaction, l'inhibition sélective de la réponse et la vitesse de traitement des informations psychomotrices (Mueller et Piper, 2014 ; Burle et al. 2004). Comme son nom le laisse entendre, la tâche de temps de réaction de choix est une tâche élémentaire dans laquelle une croix de fixation apparaît au centre de l'écran de l'ordinateur pendant 1 250 ms, avant de laisser place à un stimulus cible (une lettre choisie aléatoirement parmi les lettres : a, d, c, e, o, n, b, g, s) pendant une durée de 100 ms. Le stimulus cible (par

exemple la lettre 'a') est ensuite masqué un court instant par trois caractères non alphabétiques (3 symboles choisis aléatoirement parmi les symboles suivants : & # @ \$ % \* | ? / \) avant de réapparaître soit à droite, soit à gauche, au côté d'un stimulus distracteur (une autre lettre que la lettre cible, par exemple la lettre 'e'). Aussi rapidement et correctement que possible, les participants doivent alors appuyer sur un bouton poussoir (gauche ou droite) pour indiquer de quel côté de l'écran le stimulus cible ('a') apparaît. À noter qu'une contrainte temporelle d'1,5 seconde a été appliquée, c'est-à-dire que sans aucune réponse de la part du participant au cours de ce laps de temps, l'écran de réponse disparaissait afin de débiter un nouvel essai. Une phase d'apprentissage, composée d'au moins 7 blocs de 30 essais (en fonction de la courbe d'apprentissage des participants, avec comme critères d'arrêt une précision dans la réalisation de cette tâche strictement supérieure à 85% et une variabilité inter-blocs strictement inférieure à 5%), était réalisée une semaine avant la phase de test et le début du programme. Au total, 216 essais (9 stimuli cible : a, d, c, e, o, n, b, g, s x 24 répétitions) ont été réalisés quelques jours avant la première séance de soin pour l'évaluation pré programme, et 216 autres essais ont été réalisés quelques jours après la dernière séance pour l'évaluation post programme. Le temps de réaction moyen (exprimé en milliseconde) et la précision des réponses (i.e., le taux de bonnes réponses) ont été utilisés comme indicateurs de performance pour cette tâche.

### ***Tâche Comparaison de motifs visuels (Visual Pattern Comparison, VPC)***

Dans un second temps, les participants ont réalisé une tâche de comparaison de motifs visuels (VPC, Mueller et Piper, 2014). Tout comme la CRT, la tâche de comparaison de motifs visuels permet de mesurer le temps de réaction et la vitesse de traitement des informations psychomotrices, à la différence près que les participants ne sont pas amorcés par une information subliminale. En effet, dans cette tâche les participants se voient présenter simultanément deux stimuli visuels (des grilles), l'un à côté de l'autre, et doivent déterminer le plus rapidement possible s'ils sont identiques ou différents, en appuyant sur un des boutons poussoirs. Une phase d'apprentissage d'au moins 7 blocs de 40 essais dans les mêmes conditions mentionnées plus haut, précédée les deux phases d'évaluation, pré et post programme. Ces dernières comprenaient 400 essais chacune (200 essais congruents, c'est-à-dire lorsque la paire de stimuli était identique et 200 essais incongruents, c'est-à-dire lorsque la paire de stimuli était différente). Le temps de réaction moyen (en ms) et la précision des réponses constituaient tous deux les mesures d'intérêt dans cette tâche.

### ***Tâche visuo-motrice (Pursuit Rotor Task, PRT)***

Enfin, dans un troisième et dernier temps, les participants ont effectué une tâche visuo-motrice (PRT, Mueller et Piper, 2014) dans laquelle ils devaient suivre à l'aide de la souris de l'ordinateur, une cible mobile se déplaçant le long d'une trajectoire circulaire. Le temps moyen passé sur la cible ainsi que la déviation moyenne entre le curseur et le centre de la cible (i.e., la précision spatiale en pixels) constituaient les variables dépendantes. 7 blocs de 30 secondes étaient réalisés à minima en guise de familiarisation avec la tâche, avec pour critères d'arrêt un temps passé sur la cible strictement supérieur à 70% de la durée total de l'essai, une variabilité inter-blocs strictement inférieure à 10% et une déviation moyenne curseur-cible strictement inférieure à 25 pixels. Quant aux sessions d'évaluation, pré et post programme, celles-ci comprenaient quatre essais de deux minutes chacune soit 4 x 16 tours (la vitesse de rotation était fixée à une révolution complète toutes les 7,5 s).

### 3.4.5. Mesures ancillaires

#### Pression artérielle

Afin de caractériser notre population, les pressions artérielles systolique (PAS) et diastolique (PAD) ainsi que la fréquence cardiaque au repos ont été mesurées avant le programme au moyen d'un tensiomètre électronique au bras (HBP 1120, Omron, Kyoto, Japon).

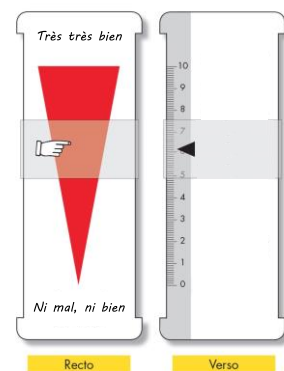
#### Bio-impédancemétrie

La masse corporelle des participants a également été évaluée avant le début du programme à l'aide d'une balance impédancemètre (MC 780 MA ; Tanita Europe BV, Amsterdam, Pays-Bas). La mesure a été réalisée en sous-vêtements et pieds nus.

#### Évaluation des niveaux de douleurs musculaires et de bien-être général

Le niveau de douleurs musculaires perçues (*Delayed Onset of Muscle Soreness, DOMS* ; Mattacola et al. 1997), communément appelées « courbatures », ainsi que le niveau de bien-être général (Masa et al. 2011) des participants ont été évalués, à différents temps de mesures (avant programme, après la première et dernière séance pour les douleurs musculaires et à l'issue de chaque séance pour le bien-être, à partir d'échelles visuelle analogique (EVA) de 100 mm munies d'un indicateur glissant. Les questions posées étaient les

suivantes : « Comment jugez-vous votre niveau de douleur musculaire en ce moment ? » et « Comment jugez-vous votre niveau de bien-être à cet instant ? ». Seul le recto de l'échelle était présenté aux participants. Celui-ci affichait l'intitulé de la question et une jauge linéaire avec deux marques aux extrémités (en bas : « Aucune douleur » ; en haut : « Très très douloureux » pour l'EVA Douleurs musculaires et « Ni bien, ni mal » en bas ; « Très très bien » en haut pour l'EVA Bien-être). Au verso, l'expérimentateur pouvait relever le score compris entre 0 et 10 (correspondant à la position en millimètre de l'indicateur glissant entre les deux extrémités) sans que le participant en ait la connaissance.



#### Questionnaire de satisfaction globale vis-à-vis du programme

Pour finir, à la fin du programme, un questionnaire de satisfaction (*Client Satisfaction Questionnaire, CSQ-8* ; Attkisson & Zwick, 1982) a été proposé aux participants des deux groupes. LE CSQ-8 est un questionnaire de 8 items conçu pour scorer la satisfaction des utilisateurs de différents produits ou services. Chaque item du CSQ-8 est scoré de 1 à 4. Le score CSQ-8 total, correspondant à la somme des réponses de chaque item, est ainsi compris entre 8 et 32. Sur la base de ce score total et de la méthodologie du « *Net Promoter Score* » (NPS), les participants ont pu être classés en 3 catégories : les détracteurs (score  $\leq 22$ ), les

passifs (22 < score ≤ 27) et les promoteurs (27 < score ≤ 32). Le *NPS* correspond ainsi à la différence entre la proportion des promoteurs, moins la proportion des détracteurs, et est compris entre -100 et +100.

### 3.5. Analyses des données

Toutes les données ont été enregistrées sur un cahier d'observation électronique, puis prétraitées et analysées à l'aide du logiciel Matlab (Version 2023a, The MathWorks, Natick, MA, États-Unis) et du logiciel d'analyse statistique JAMOVI (Version 2.4.7.0, Sydney, Australie). Des analyses de variances (ANOVAs) à un facteur (groupe G-EXP vs. G-PLA) avec mesures répétées (moments : Avant vs. Après programme ou Avant vs. Début vs. Milieu vs. Fin du programme), et lorsque nécessaire, des analyses post-hoc (Tukey HSD), ont été conduites sur l'ensemble des variables d'intérêt. Préalablement, la normalité, l'homogénéité des variances et l'hypothèse de sphéricité ont été vérifiées à l'aide du test de Shapiro-Wilk, du test de Levene et du test de Mauchly, respectivement.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1. Caractéristiques générales des participants

Les caractéristiques initiales de notre population sont présentées sur le [tableau 1](#) ci-dessous. Comme nous pouvons le constater, notre échantillon était essentiellement féminin (86 et 87% respectivement pour le groupe expérimental et le groupe placebo) et présentait des niveaux de stress et des troubles du sommeil jugés modérés à sévères. Pour l'ensemble des caractéristiques initiales, on ne note aucune différence statistique entre les deux groupes, indiquant une bonne randomisation, étape indispensable pour la suite des analyses.

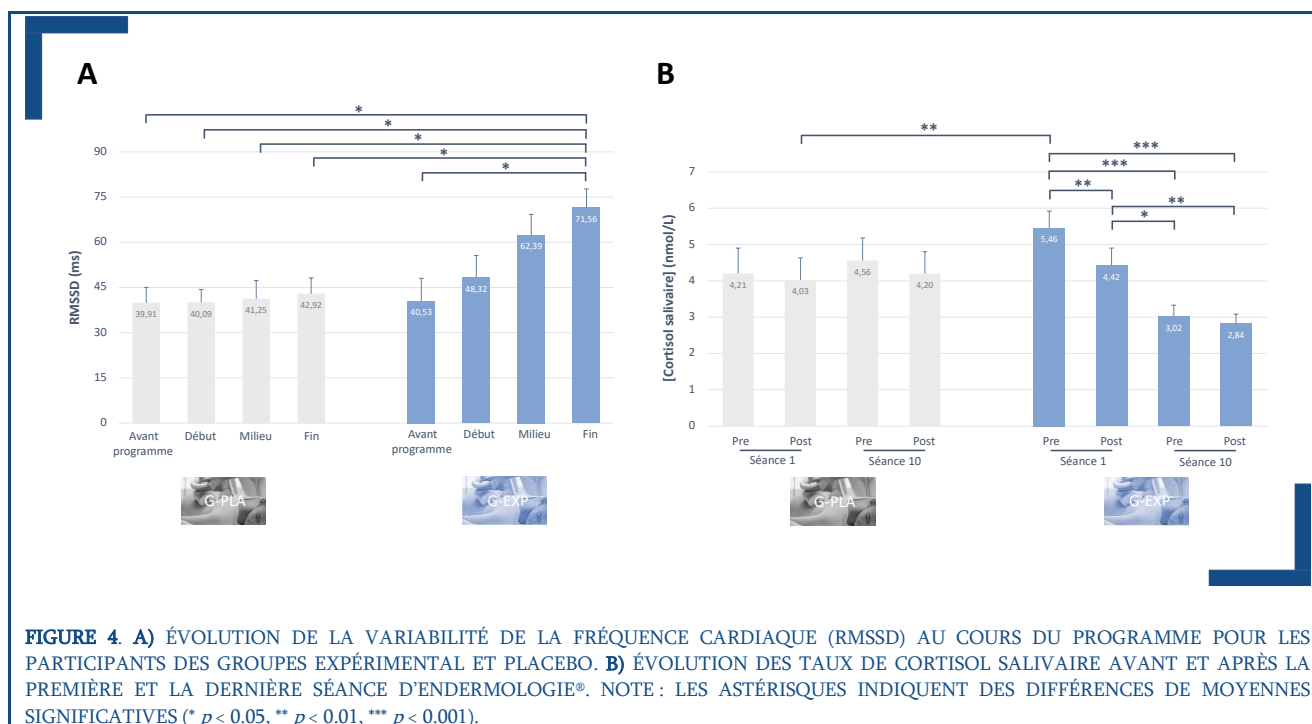
Caractéristiques	Groupe expérimental G-Exp (n = 14)	Groupe placebo G-Pla (n = 15)	Signification statistique
<b>Démographiques et anthropométriques</b>			
<i>Sexe, Nb. (%)</i>			
<i>Femmes</i>	12 (86%)	13 (87%)	
<i>Hommes</i>	2 (14%)	2 (13%)	
<i>Âge moyen (ans)</i>	43,9 ± 8,6	37,5 ± 10,1	<i>ns</i> (p=0,08)
<i>Poids (kg)</i>	71,0 ± 12,8	72,5 ± 18,4	<i>ns</i> (p=0,80)
<i>Taille (cm)</i>	166,5 ± 6,7	166,1 ± 8,0	<i>ns</i> (p=0,88)
<i>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</i>	25,6 ± 4,6	26,3 ± 6,6	<i>ns</i> (p=0,75)
<i>Niveau d'APS (min/semaine)</i>			
<i>Intensité modérée</i>	79,3 ± 92,2	28 ± 53,7	<i>ns</i> (p=0,08)
<i>Intensité soutenue</i>	0 ± 0	3 ± 11,6	<i>ns</i> (p=0,37)
<b>Facteurs cardio-vasculaires</b>			
<i>Pression artérielle (mmHg)</i>			
<i>Systolique</i>	125,8 ± 14,8	126,5 ± 16	<i>ns</i> (p=0,91)
<i>Diastolique</i>	77,6 ± 10,3	77,5 ± 8,5	<i>ns</i> (p=0,96)
<i>Fréquence cardiaque au repos (bpm)</i>	64,8 ± 8,5	70,5 ± 12,8	<i>ns</i> (p=0,17)

<b>Score questionnaires</b>			
Anxiété (HADS)	12,2 ± 3,8	10,4 ± 2,2	ns (p=0,47)
Dépression (HADS)	7,6 ± 3,8	6,7 ± 2,5	ns (p=0,64)
Stress perçu (PSS)	25,3 ± 6,5	23,3 ± 4,2	ns (p=0,59)
Qualité du sommeil (SSQ)	15,6 ± 3,6	16,5 ± 3,0	ns (p=0,83)
Sévérité de l'Insomnie (ISI)	19,9 ± 3,3	18,1 ± 4,0	ns (p=0,20)
<b>Notes :</b>			
APS : Activité Physique et Sportive ; HADS : Hospital Anxiety and Depression Scale ; PSS : Perceived Stress Scale ; SSQ : Spiegel Sleep Questionnaire ; ISI : Insomnia Severity Index			

**TABLEAU 1.** CARACTÉRISTIQUES DES PARTICIPANTS LORS DE LA VISITE D'INCLUSION. LES VALEURS SONT PRÉSENTÉES SOUS LA FORME MOYENNE ± ÉCART-TYPE.

## 4.2. Effets des séances d'endermologie® sur le stress

La figure 4 présente les résultats des deux mesures objectives des niveaux de stress des participants, à savoir la variabilité de la fréquence cardiaque (figure 4A) et le taux de cortisol salivaire (figure 4B). Une augmentation significative de l'indicateur *RMSSD* de la VFC a été trouvée pour le groupe expérimental uniquement (+76,6% entre la mesure avant programme et la mesure effectuée en fin de programme  $p < 0,05$ ), indiquant un plus haut niveau de vitalité pour les participants du G-EXP par rapport au groupe placebo, où l'augmentation n'était seulement que de 7,5% (non significatif). Ce résultat est cohérent avec la mesure du cortisol salivaire — l'hormone du stress — montrant une diminution significative ( $p < 0,01$ ) pour le groupe expérimental uniquement. De manière intéressante, cet effet était observable dès la première séance d'endermologie®, avec une réduction significative de 19% de la concentration de cortisol salivaire entre la mesure Pre et Post S1 (contre -4,8%, non significatif, pour le G-PLA).



Par ailleurs, les mesures psychométriques (i.e., auto-questionnaires ; tableau 2) viennent corroborer ces mesures objectives, avec toutefois des différences significatives relevées chez

le groupe placebo également pour deux des trois questionnaires relatifs au stress, à l'anxiété et aux états d'humeurs (*PSS* et *POMS*). Ainsi, l'analyse statistique a révélé une diminution significative du stress perçu chez les participants des deux groupes entre les mesures effectuées avant et après le programme (-49,4%  $p < 0,001$  pour G-EXP et -29,2%  $p < 0,01$  pour G-PLA) ainsi qu'une diminution significative de la perturbation totale de l'humeur (-71,4%  $p < 0,001$  pour G-EXP et -64%  $p < 0,001$  pour G-PLA). Il convient cependant de garder à l'esprit que les effets perceptuels observés chez le groupe placebo ne semblent pas résulter exclusivement d'un simple effet placebo, mais pourraient également découler d'un effet relaxant inhérent à la position allongée maintenue pendant près de quarante minutes, deux fois par semaine, pendant cinq semaines consécutives, ainsi qu'aux stimulations cutanées de type effleurement. De plus, il convient de noter que seuls les participants du groupe expérimental ont enregistré une diminution significative de leurs niveaux d'anxiété (-37,4%,  $p < 0,01$  vs. 23,1%, *ns* pour G-PLA) et de troubles dépressifs (-50,9%,  $p < 0,001$  vs. -20%, *ns* pour G-PLA).

Questionnaire	Dimensions (score min-max)	Groupe	Avant programme	Après programme	Taux de variation avant/après (%)
<i>HADS</i>	Anxiété (0-21)	G-PLA	10,4 ± 2,2	8,0 ± 3,4	-23,1
		G-EXP	12,2 ± 3,8	<b>7,6 ± 3,5**</b>	-37,4
	Dépression (0-21) <sup>††</sup>	G-PLA	6,7 ± 2,5	5,3 ± 3,2	-20,0
		G-EXP	7,6 ± 3,8	<b>3,7 ± 2,8***</b>	-50,9
<i>PSS</i>	Stress perçu (0-40) <sup>†</sup>	G-PLA	23,3 ± 4,2	<b>16,5 ± 5,8**</b>	-29,2
		G-EXP	25,3 ± 6,5	<b>12,8 ± 5,3***</b>	-49,4
<i>ISI</i>	Sévérité de l'insomnie (0-28) <sup>††</sup>	G-PLA	18,1 ± 4,0	<b>13,2 ± 4,0**</b>	-26,9
		G-EXP	19,9 ± 3,3	<b>9,0 ± 4,9***</b>	-54,7
<i>FIRST</i>	Réactivité du sommeil (9-36)	G-PLA	30,4 ± 3,1	25,9 ± 6,1	-14,9
		G-EXP	29,5 ± 4,1	26,6 ± 5,9	-9,7
<i>SSQ</i>	Qualité du sommeil (0-30)	G-PLA	16,5 ± 3,0	<b>21,5 ± 3,6***</b>	30,8
		G-EXP	15,6 ± 3,6	<b>22,0 ± 3,3***</b>	41,3
<i>POMS</i>	Tension (0-24)	G-PLA	18,1 ± 3,7	<b>11,9 ± 4,7***</b>	-34,3
		G-EXP	16,9 ± 4,2	<b>11,3 ± 4,7***</b>	-33,1
	Dépression (0-28)	G-PLA	14,7 ± 5,0	<b>9,6 ± 2,5***</b>	-34,7
		G-EXP	14,7 ± 4,3	<b>9,9 ± 4,1***</b>	-32,7
	Colère (0-24)	G-PLA	14,1 ± 4,3	<b>9,2 ± 3,0***</b>	-34,8
		G-EXP	13,6 ± 4,6	<b>8,7 ± 4,6***</b>	-36,0
	Vigueur (0-20)	G-PLA	13,5 ± 3,0	<b>14,4 ± 3,9**</b>	6,7
		G-EXP	14,0 ± 4,3	<b>16,9 ± 4,5***</b>	20,7
	Fatigue (0-20)	G-PLA	17,7 ± 3,2	<b>11,3 ± 2,8***</b>	-36,2
		G-EXP	16,9 ± 3,1	<b>9,8 ± 4,2***</b>	-42,0
	Confusion (0-24)	G-PLA	12,7 ± 3,0	<b>9,3 ± 3,6***</b>	-26,8
		G-EXP	14,5 ± 2,6	<b>9,6 ± 3,6***</b>	-33,8
	Perturbation totale de l'humeur (-44-76)	G-PLA	48,1 ± 15,3	<b>17,3 ± 17,7***</b>	-64,0
		G-EXP	46,8 ± 18,4	<b>13,4 ± 25,3***</b>	-71,4
<i>CSQ-8</i>	Satisfaction globale (8-32)	G-PLA	NA	26,2 ± 3,3	NA
		G-EXP	NA	<b>28,4 ± 2,3</b>	NA
	Net Promoter Score (-100-100)	G-PLA	NA	26,7	NA
		G-EXP	NA	<b>64,3</b>	NA

**Notes:**  
*PSS* : Perceived Stress Scale ; *HADS* : Hospital Anxiety and Depression Scale ; *ISI* : Insomnia Severity Index ; *FIRST* : Ford Insomnia Response to Stress Test ; *SSQ* : Spiegel Sleep Questionnaire ; *POMS* : Abbreviated Profile Of Mood States  
*CSQ-8* : Client Satisfaction Questionnaire-8  
<sup>†</sup>Interaction Temps-Gruppe significative ( $p < 0,05$ ), <sup>††</sup>Interaction Temps-Gruppe significative ( $p < 0,01$ )  
\*Significativement différente de la mesure avant programme ( $p < 0,05$ ), \*\*Significativement différente de la mesure avant programme ( $p < 0,01$ ), \*\*\*Significativement différente de la mesure avant programme ( $p < 0,001$ )

**TABLEAU 2. RÉSUMÉ DES ÉVALUATIONS PSYCHOMÉTRIQUES (AUTO-QUESTIONNAIRES) AVANT ET APRÈS PROGRAMME POUR LES PARTICIPANTS DES DEUX GROUPES EXPÉRIMENTAL (G-EXP) ET PLACEBO (G-PLA). LES VALEURS PRÉSENTÉES CI-DESSUS SONT SOUS LA FORME MOYENNE ± ÉCART-TYPE.**

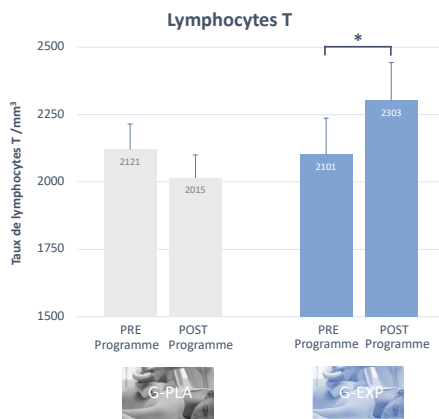
### 4.3. Effets des séances d'endermologie® sur l'immunité

Sur la fonction immunitaire, on observe des tendances distinctes entre les groupes G-PLA et G-EXP. En effet, alors que les participants du G-PLA présentent une diminution non significative de leurs lymphocytes T (-5%), et régulateurs lymphocytaires CD3 (-6,3%), CD4 (-4,4%) et CD8 (-1,9%), ceux du groupe G-EXP présentent une augmentation significative de leurs

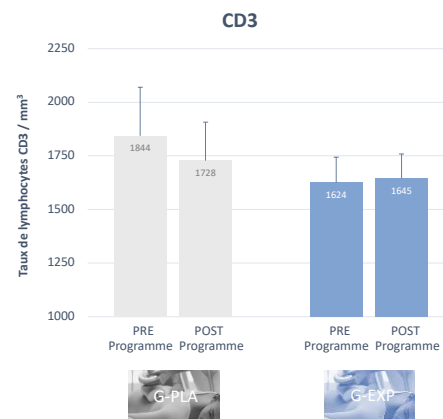


lymphocytes T (+9,6%,  $p < 0,05$ ), et CD8 (+9,4%,  $p < 0,05$ ) ainsi qu'une augmentation non significative des régulateurs CD3 (+1,3%) et CD4 (-5,5%). Pris ensemble, ces résultats suggèrent un renforcement du statut immunitaire des participants ayant reçu des séances de massages mécanisés.

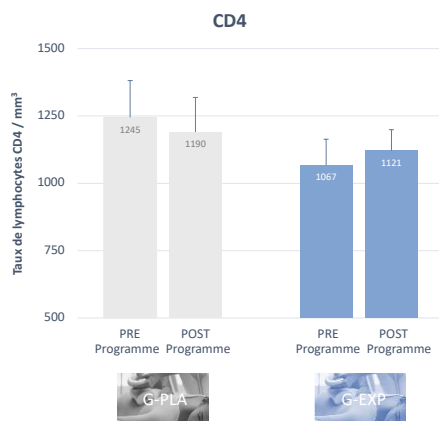
**A**



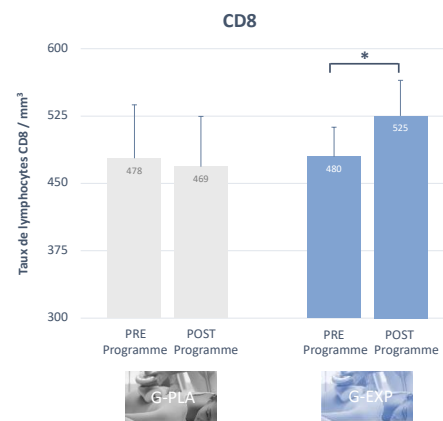
**B**



**C**



**D**



**FIGURE 5.** CHANGEMENTS IMMUNITAIRES (A : LYMPHOCYTES T ; B : CD3 ; C : CD4 ; D : CD8) EN RÉPONSE À UN PROGRAMME DE 10 SÉANCES D'ENDERMOLOGIE® POUR LES GROUPES G-EXP ET G-PLA. NOTE : LES ASTÉRISQUES INDIQUENT DES DIFFÉRENCES DE MOYENNES SIGNIFICATIVES (\*  $p < 0,05$ ).

#### 4.4. Effets des séances d'endermologie® sur la qualité de sommeil

En ce qui concerne le sommeil, les données d'actimétrie (tableau 3) mettent en évidence une augmentation significative du temps passé immobile (+3,9%,  $p < 0,05$  pour G-EXP vs. 0,5%, *ns* pour G-PLA) et une diminution significative de l'indice de fragmentation (-19,2% entre les mesures avant et la fin du programme,  $p < 0,001$  vs. -8,2%, *ns* pour G-PLA) pour le groupe expérimental uniquement. Cela indique une amélioration notable de la continuité et de la qualité du sommeil chez les participants du G-EXP par rapport à ceux du groupe placebo. Concernant les aspects perceptuels (cf. tableau 2), à l'instar des questionnaires relatifs au stress, on observe une augmentation significative de la qualité du sommeil perçue (i.e., au questionnaire SSQ, +41,3%,  $p < 0,001$  pour G-EXP vs. +30,7%,  $p < 0,001$  pour G-PLA) ainsi qu'une diminution

significative de l'index de sévérité de l'insomnie (-54,7%,  $p < 0,001$  pour G-EXP vs. -26,9%,  $p < 0,01$  pour G-PLA) pour les deux groupes, bien que ces variations soient plus importantes pour le G-EXP. En revanche, pour la réactivité du sommeil (questionnaire *FIRST*) les diminutions étaient comparables dans les deux groupes, soit -14,9% pour G-PLA et -9,7% pour G-EXP.

Paramètres	Groupe	Avant	Début	Milieu	Fin
Temps passé au lit (hh:mm)	G-PLA	08:05 ± 01:17	07:49 ± 00:55	07:33 ± 01:00	07:44 ± 00:39
	G-EXP	08:06 ± 00:58	07:56 ± 00:41	08:05 ± 00:48	07:51 ± 00:47
Temps de sommeil réel (hh:mm)	G-PLA	06:41 ± 01:04	06:28 ± 00:52	06:13 ± 00:54	06:21 ± 00:44
	G-EXP	06:42 ± 00:42	06:28 ± 00:38	06:39 ± 00:32	06:27 ± 00:31
Efficacité du sommeil (%)	G-PLA	83,3 ± 5,9	82,9 ± 6,1	82,5 ± 6,7	82,2 ± 7,4
	G-EXP	83,1 ± 3,9	82,1 ± 7,6	82,6 ± 5,9	83,6 ± 6,2
Temps pour s'endormir (min)	G-PLA	19 ± 13	16 ± 11	16 ± 11	18 ± 13
	G-EXP	19 ± 12	25 ± 22	24 ± 19	23 ± 21
Temps immobile (min)	G-PLA	412 ± 45	407 ± 38	399 ± 39	414 ± 32
	G-EXP	410 ± 41	416 ± 44	424 ± 36	<b>426 ± 33*</b>
Indice de fragmentation †	G-PLA	28,1 ± 5,2	27,3 ± 5,2	26,5 ± 5,5	25,8 ± 4,9 <sup>p = 0,17</sup>
	G-EXP	28,7 ± 4,0	26,6 ± 4,6	25,2 ± 3,9	<b>23,2 ± 4,4***</b>

**Notes :**  
†Interaction Temps-Groupe significative ( $p < 0,05$ )  
\*Significativement différente de la mesure avant programme ( $p < 0,05$ ), \*\*\*Significativement différente de la mesure avant programme ( $p < 0,001$ )

**TABLEAU 3. PRINCIPAUX RÉSULTATS DE L'ANALYSE DU SOMMEIL À PARTIR DES DONNÉES D'ACTIMÉTRIE À DIFFÉRENTS MOMENTS DU PROGRAMME (AVANT, DÉBUT, MILIEU, FIN) POUR LES GROUPES EXPÉRIMENTAL (G-EXP) ET PLACEBO (G-PLA). LES VALEURS SONT PRÉSENTÉES SOUS LA FORME MOYENNE ± ÉCART-TYPE.**

## 4.5. Effets des séances d'endermologie® sur les performances cognitives

Les résultats des trois tâches cognitives effectuées avant et après le programme de 10 séances d'endermologie® sont présentés sur le [tableau 4](#) ci-dessous. Bien que l'intervention du G-EXP ait entraîné des améliorations visibles sur l'ensemble des tâches (e.g., +6,1% du temps passé sur la cible, -7,9% de déviation moyenne, -6,8% du temps de réponse pour les essais congruents de la tâche de comparaisons de motifs visuels), seule la tâche exigeant une forte pression temporelle, à savoir la tâche de temps de réaction de choix montre une amélioration significative de la précision des réponses (+2,5%,  $p < 0,01$  pour G-EXP vs. +0,1%, *ns* pour G-PLA). Ce résultat suggère un effet spécifique de l'intervention. En effet, il semble que plus un individu est confronté à des décisions qui nécessitent une décision rapide, plus l'intervention pourrait lui être bénéfique. Ainsi, pour les fonctions cognitives requérant un temps de traitement de l'information rallongé, l'effet positif observé semble s'estomper. Concrètement, les avantages constatés ici pourraient se traduire dans la vie quotidienne lors d'interactions sociales (amélioration de la détection des signaux sociaux, meilleure compréhension des autres/intelligence émotionnelle) ou dans des situations où il est nécessaire de s'adapter rapidement à son environnement (par exemple, la conduite automobile ou la pratique d'une activité physique et sportive). En revanche, pour les tâches plus complexes, qui demandent à l'individu de prendre le temps d'analyser, de comparer, et de considérer différents scénarios (par exemple, des activités telles que la comparaison d'itinéraires ou l'établissement d'une liste de courses semblent moins affectées par ces résultats), semblent moins impactées par l'intervention.

Tâches cognitives	Paramètres	Groupe	Avant programme	Après programme	Taux de variation avant/après (%)
Tâche de réaction de choix (CRT)	Précision (%) <sup>††</sup>	G-PLA	97,6 ± 1,6	97,7 ± 2,0	0,1
		G-EXP	95,7 ± 3,2	<b>98,1 ± 1,6**</b>	2,5
	Temps de réponse (ms)	G-PLA	514 ± 59	497 ± 52	-3,3
		G-EXP	540 ± 56	515 ± 55	-4,6
Tâche de comparaison de motifs	Précision CO (%)	G-PLA	97,3 ± 1,3	97,2 ± 1,8	-0,1
		G-EXP	97,1 ± 1,9	98 ± 2,1	0,9
	Temps de réponse CO (ms)	G-PLA	1028 ± 213	1039 ± 288	1,1
		G-EXP	1159 ± 287	1080 ± 227	-6,8
	Précision IN (%)	G-PLA	97,5 ± 2,0	97,5 ± 2,0	0
		G-EXP	96,7 ± 2,1	97,4 ± 2,3	0,7
	Temps de réponse IN (ms)	G-PLA	986 ± 161	1030 ± 232	4,3
		G-EXP	1126 ± 222	1099 ± 207	-2,4
Tâche visuo-motrice	Temps sur la cible (%)	G-PLA	65 ± 7	64 ± 8	-1,5
		G-EXP	66 ± 9	70 ± 4	6,1
	Déviation moyenne curseur-cible (pixels)	G-PLA	19,7 ± 5,3	21,6 ± 8,6	9,6
		G-EXP	17,8 ± 3,9	16,4 ± 2,1	-7,9

**Notes:**  
CO : essais congruents ; IN : essais incongruents  
<sup>††</sup> Interaction Temps-Groupe significative (p < 0,01)  
\*\*Significativement différente de la mesure avant programme (p < 0,01)

**TABLEAU 4. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES TÂCHES COGNITIVES POUR LES PARTICIPANTS DES GROUPES EXPÉRIMENTAL (G-EXP) ET PLACEBO (G-PLA). LES VALEURS PRÉSENTÉES SONT SOUS LA FORME MOYENNE ± ÉCART-TYPE.**

## 4.6. Rapports subjectifs et satisfaction globale

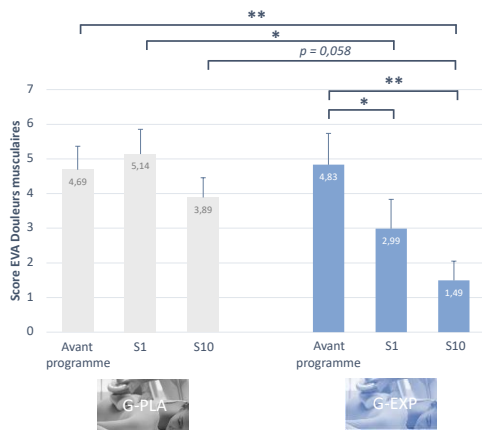
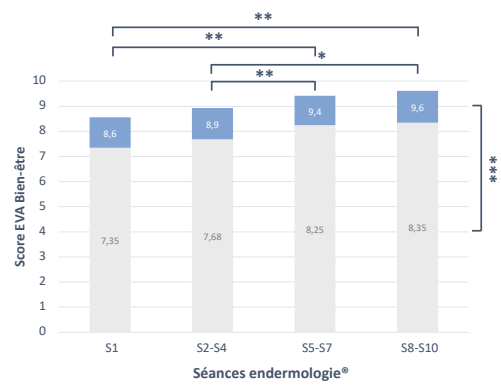
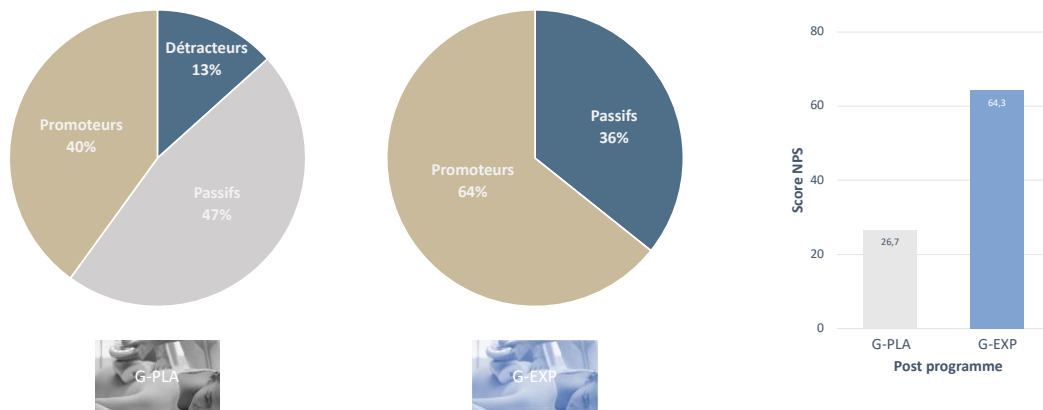
Les résultats concernant les rapports subjectifs (cf. figure 6), que ce soit la sensation de douleurs musculaires, de bien-être général ou encore la satisfaction globale des participants à l'égard du programme sont également très instructifs. En effet, les résultats montrent une diminution significative des niveaux de douleurs musculaires (*DOMS*) entre la mesure avant programme et post S10 chez le groupe expérimental uniquement (-69,2%,  $p < 0,01$  vs. -17,1, *ns*, pour le G-PLA). À noter qu'une diminution significative des douleurs musculaires est observable dès la première séance (-38,1%,  $p < 0,05$  vs. +9,6%, *ns*, pour G-PLA).

S'agissant du bien-être, on relève des niveaux plus élevés chez les participants du G-EXP par rapport au G-PLA (en moyenne +15,5%,  $p < 0,001$ ).

Enfin, l'analyse de la satisfaction des participants vis-à-vis du programme suivant la méthodologie du *Net Promoter Score (NPS)*, a révélé un pourcentage plus élevé de « promoteurs » au sein du G-EXP par rapport au groupe placebo (64% vs. 40%), ainsi qu'un pourcentage moins élevé de « passifs » dans le G-EXP par rapport au groupe placebo (36% vs. 40%). Mais le résultat somme toute le plus probant est l'absence totale de « détracteurs » dans le groupe expérimental, alors que ces derniers représentaient 13% des participants (soit un peu plus d'un participant sur dix) dans le groupe placebo. Ces différences se reflètent naturellement dans le score global du *NPS*, où le groupe expérimental affiche une satisfaction nettement supérieure ( $NPS = 64,3$ ) par rapport au groupe placebo ( $NPS = 26,7$ ).

## 4.7. Évènements indésirables

Aucun évènement indésirable ou effet secondaire n'est à signaler.

**A****B****C**

**FIGURE 6. A)** ÉVOLUTION DES SCORES RELATIFS AUX NIVEAUX DE DOULEURS MUSCULAIRES PERÇUES DES PARTICIPANTS DES DEUX GROUPES (G-PLA ET G-EXP) AU COURS DES DIFFÉRENTS TEMPS DE MESURES : AVANT LE DÉBUT DU PROGRAMME, APRÈS LA PREMIÈRE SÉANCE ET APRÈS LA DERNIÈRE SÉANCE D'ENDERMOLOGIE. **B)** ÉVOLUTION DES SCORES RELATIFS AU NIVEAU DE BIEN-ÊTRE GÉNÉRAL DES PARTICIPANTS. **C)** SYNTHÈSE DES RÉSULTATS SUR LA SATISFACTION GLOBALE DES PARTICIPANTS DES DEUX GROUPES VIS-À-VIS DU PROGRAMME QU'ILS ONT SUIVI SELON LA MÉTHODOLOGIE DU NET PROMOTER SCORE (CF. CORPS DE TEXTE). NOTE : LES ASTÉRISQUES INDIQUENT DES DIFFÉRENCES DE MOYENNES SIGNIFICATIVES (\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ).

## 5. CE QU'IL FAUT RETENIR

La présente étude visait à évaluer les effets d'un programme de 10 séances de massages mécanisés via le Cellu M6 Alliance® de la marque LPG Systems chez des personnes stressées et présentant des troubles du sommeil. Les résultats majeurs de cette étude sont les suivants :

### LES NIVEAUX DE STRESS DIMINUÉS DÈS LA PREMIÈRE SÉANCE D'ENDERMOLOGIE®

- ◆ Diminution de 19% du cortisol salivaire après une séance de 40 minutes de massages mécanisés et de 45% après 10 séances.

*Remarque :* Le cortisol est notre hormone du stress. Le contrôle des niveaux de cortisol peut nous aider à renforcer notre système immunitaire et à lutter contre la fatigue chronique. Il joue également un rôle important dans la régulation du sommeil et dans la stabilisation de la tension artérielle.

- ◆ Augmentation de 76,6% de l'indicateur *RMSSD* de la variabilité de la fréquence cardiaque après 9 séances.

*Remarque :* La variabilité de la fréquence cardiaque correspond aux variations dans le temps entre deux battements successifs. Elle est une mesure du système nerveux autonome et est largement reconnue comme un biomarqueur pertinent pour suivre l'évolution des différents états de fatigue et de stress. La *RMSSD* est une mesure statistique standard de la VFC. Elle représente la moyenne quadratique des différences successives entre les battements cardiaques normaux pour un ensemble spécifique de données relatives à la fréquence cardiaque.

- ◆ Diminution de 49,4% du stress perçu, de 71,4% de la perturbation totale de l'humeur, de 37,4 % des niveaux d'anxiété et de 50,9% des troubles dépressifs après 10 séances de massages mécanisés.

## LES DÉFENSES IMMUNITAIRES SONT RENFORCÉES APRÈS 10 SÉANCES D'ENDERMOLOGIE®

- ◆ Augmentation de 9,6% de lymphocytes T.

*Remarque :* Les lymphocytes T sont un type de globules blancs qui jouent un rôle clé dans la réponse immunitaire adaptative.

- ◆ Augmentation de 9,4% de lymphocytes CD8.

*Remarque :* Les lymphocytes T régulateurs (*Treg*) *CD4+*, *CD8+* sont impliqués dans le maintien de la tolérance périphérique et la prévention des maladies auto-immunes. Ils régulent également les réponses immunes observées dans les allergies, les greffes, les cancers et les maladies infectieuses.

## UN SOMMEIL AMÉLIORÉ APRÈS QUELQUES SÉANCES D'ENDERMOLOGIE®

- ◆ Augmentation de 3,9% du temps immobile et diminution de 19,2% de la fragmentation du sommeil après 9 séances de massages mécanisés.

*Remarque :* Le sommeil est un état physiologique nécessaire à un bon état de santé qui correspond à une baisse de l'état de conscience et du tonus musculaire qui sépare deux périodes d'éveil. Le temps passé à être immobile pendant la nuit et la fragmentation du sommeil renvoie à la notion de mouvement nocturne. Lorsque ces paramètres évoluent (augmentation du temps immobile et diminution de la fragmentation) cela implique une meilleure continuité globale du sommeil et donc un sommeil lent profond qui pourrait également être amélioré (hypothèse).

- ◆ Augmentation de 41,3% de la qualité de sommeil perçue et diminution de 54,7% de la sévérité des insomnies.

*Remarque :* L'insomnie est un manque ou une mauvaise qualité de sommeil qui retentit le lendemain sur les activités diurnes physiques, psychiques et sociales. Les principales causes de l'insomnie chez l'adulte sont le stress, l'anxiété et la dépression.

## DES PERFORMANCES COGNITIVES AMÉLIORÉES APRÈS 10 SÉANCES D'ENDERMOLOGIE®

- ◆ Augmentation de 2,5% de la précision des réponses lors d'une tâche de prise de décision à forte pression temporelle.

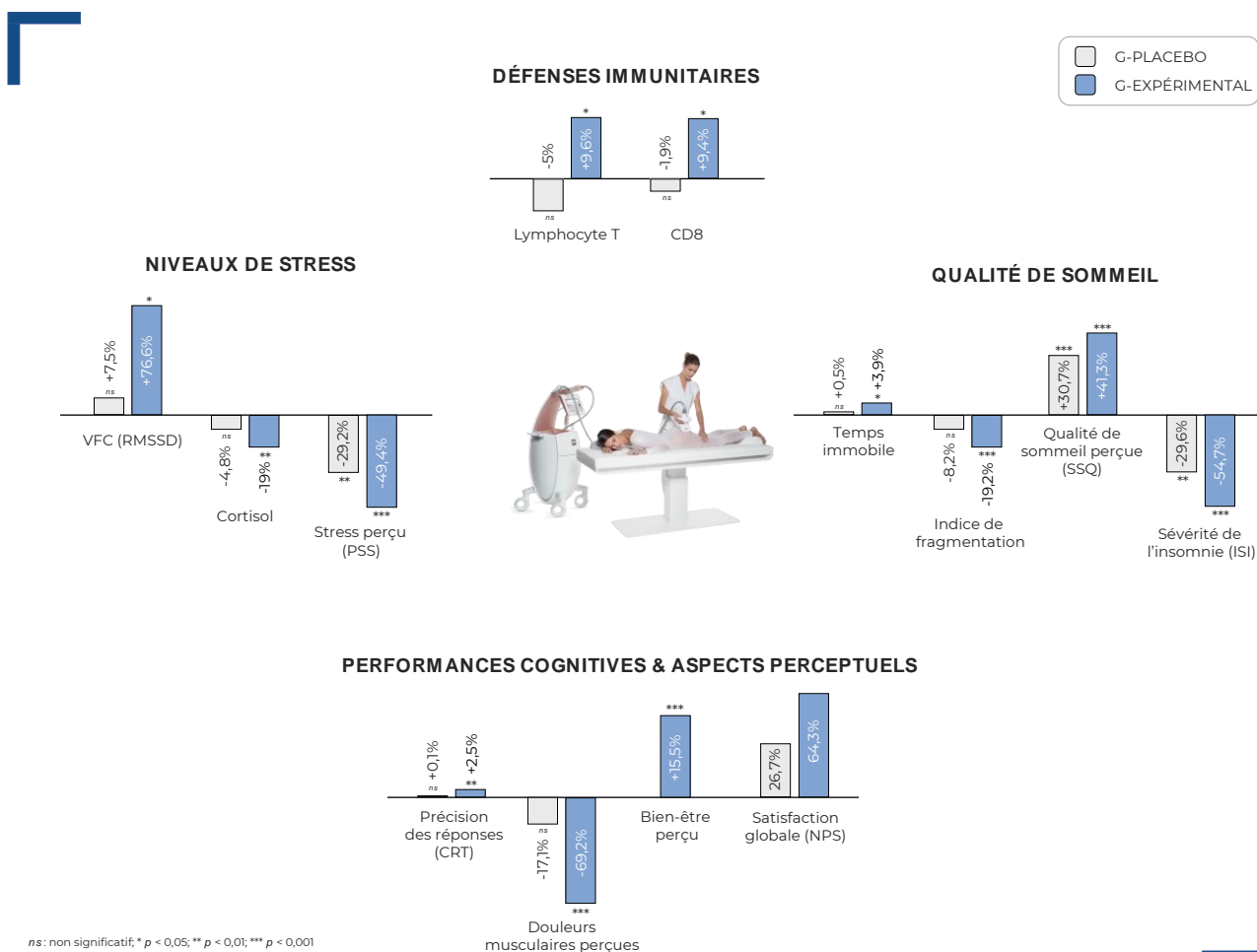
*Remarque :* Les fonctions cognitives représentent l'ensemble des capacités de notre cerveau qui nous permettent, au quotidien, d'analyser et de nous adapter pour interagir au mieux avec notre environnement. Parmi les fonctions cognitives, on retrouve la mémoire, l'attention, les fonctions exécutives, les fonctions visuo-spatiales ou encore la cognition sociale. La performance

cognitive représente ainsi la capacité de notre cerveau à utiliser nos fonctions cognitives pour identifier les informations de notre environnement, les analyser, les hiérarchiser et résoudre les problèmes de la manière la plus adaptée et efficiente possible.

## DES DOULEURS MUSCULAIRES RÉDUITES ET UN MEILLEUR ÉTAT DE BIEN-ÊTRE DÈS LA PREMIÈRE SÉANCE D'ENDERMOLOGIE®

- ◆ Diminution des sensations de douleurs musculaires (courbatures) de 38,1% dès la fin de la première séance de massages mécanisés et de 69,2% après un programme de 10 séances.
- ◆ Une sensation de bien-être plus importante (+15,5% en moyenne) à l'issue d'une séance de massages mécanisés mimant le principe du palper-rouler par rapport à une intervention de même durée sans action mécanique sur la peau.

Retrouvez en image les chiffres-clés de cette étude :



## 6. RÉFÉRENCES

- American Psychiatric Association, A. P., & American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV* (Vol. 4). Washington, DC: American psychiatric association.
- Attkisson, C. C., & Zwick, R. (1982). The Client Satisfaction Questionnaire: Psychometric properties and correlations with service utilization and psychotherapy outcome. *Evaluation and program planning*, 5(3), 233-237.
- Bastien, C. H., Vallières, A., & Morin, C. M. (2001). Validation of the Insomnia Severity Index as an outcome measure for insomnia research. *Sleep medicine*, 2(4), 297-307.
- Burle, B., Vidal, F., Tandonnet, C., & Hasbroucq, T. (2004). Physiological evidence for response inhibition in choice reaction time tasks. *Brain and cognition*, 56(2), 153-164
- Chen, P. J., Chou, C. C., Yang, L., Tsai, Y. L., Chang, Y. C., & Liaw, J. J. (2017). Effects of aromatherapy massage on pregnant women's stress and immune function: A longitudinal, prospective, randomized controlled trial. *The journal of alternative and complementary medicine*, 23(10), 778-786.
- Chen, I., Jarrin, D., Rochefort, A., Lamy, M., Ivers, H., & Morin, C. (2015). Validation of the French version of the Ford insomnia response to stress test and the association between sleep reactivity and hyperarousal. *Sleep Medicine*, (16), S238.
- Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983). A global measure of perceived stress. *Journal of health and social behavior*, 385-396.
- de Souza, T. P. B., Kurebayashi, L. F. S., de Souza-Talarico, J. N., & Turrini, R. N. T. (2021). The effectiveness of chair massage on stress and pain in oncology. *International journal of therapeutic massage & bodywork*, 14(3), 27.
- Feige, B., Benz, F., Dressle, R. J., & Riemann, D. (2023). Insomnia and REM sleep instability. *Journal of Sleep Research*, e14032.
- Field, T., Hernandez-Reif, M., Diego, M., Schanberg, S., & Kuhn, C. (2005). Cortisol decreases and serotonin and dopamine increase following massage therapy. *International Journal of neuroscience*, 115(10), 1397-1413.
- Garner, B., Phillips, L. J., Schmidt, H. M., Markulev, C., O'Connor, J., Wood, S. J., ... & McGorry, P. D. (2008). Pilot study evaluating the effect of massage therapy on stress, anxiety and aggression in a young adult psychiatric inpatient unit. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 42(5), 414-422.
- Grove, J. R., & Prapavessis, H. (1992). Preliminary evidence for the reliability and validity of an abbreviated profile of mood states. *International Journal of Sport Psychology*.
- Hauswirth, C., Nesi, X., Dubois, A., Duforez, F., Rougier, Y., & Slattery, K. (2022). Four weeks of a neuro-meditation program improves sleep quality and reduces hypertension in nursing staff during the COVID-19 pandemic: A parallel randomized controlled trial. *Frontiers in Psychology*, 13, 854474.
- He, H. (2019). Progress on the correlation between HPA axis and insomnia disorders. *World Journal of Sleep Medicine*, 6(7), 1009-1012.
- Masa, J. F., Jiménez, A., Durán, J., Carmona, C., Monasterio, C., ... & Montserrat, J. M. (2011). Visual analogical well-being scale for sleep apnea patients: validity and responsiveness: a test for clinical practice. *Sleep and Breathing*, 15, 549-559.
- Mattacola, C. G., Perrin, D. H., Gansneder, B. M., Allen, J. D., & Mickey, C. A. (1997). A comparison of visual analog and graphic rating scales for assessing pain following delayed onset muscle soreness. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6(1), 38-46.
- Mueller, S. T., & Piper, B. J. (2014). The psychology experiment building language (PEBL) and PEBL test battery. *Journal of neuroscience methods*, 222, 250-259.
- Nazari, F., Mirzamohamadi, M., & Yousefi, H. (2015). The effect of massage therapy on occupational stress of Intensive Care Unit nurses. *Iranian journal of nursing and midwifery research*, 20(4), 508.
- Organisation Mondiale de la Santé. Conférence ministérielle européenne de l'OMS sur la santé mentale : Déclaration sur la santé mentale pour l'Europe : relever les défis, trouver des solutions : Helsinki (Finlande), 12-15 janvier 2005.

- Poland, R. E., Gertsik, L., Favreau, J. T., Smith, S. I., Mirocha, J. M., Rao, U., & Daar, E. S. (2013). Open-label, randomized, parallel-group controlled clinical trial of massage for treatment of depression in HIV-infected subjects. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 19(4), 334-340.
- Pereira, T., Almeida, P. R., Cunha, J. P., & Aguiar, A. (2017). Heart rate variability metrics for fine-grained stress level assessment. *Computer methods and programs in biomedicine*, 148, 71-80.
- Rapaport, M. H., Schettler, P., & Bresee, C. (2010). A preliminary study of the effects of a single session of Swedish massage on hypothalamic–pituitary–adrenal and immune function in normal individuals. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 16(10), 1079-1088.
- Rapaport, M. H., Schettler, P., & Bresee, C. (2012). A preliminary study of the effects of repeated massage on hypothalamic–pituitary–adrenal and immune function in healthy individuals: a study of mechanisms of action and dosage. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 18(8), 789-797.
- Vandeputte F.J., Hausswirth C., Coste A., Schmit C., Vanderhaeghen O., Vandeputte A., Dille J., Matthijs F., & Corten K. (2023). Automated versus manual component impaction in Total Hip Arthroplasty: effects on cognitive function, physical fatigue, and stress level. *Journal of Orthopaedic Experience & Innovation*
- Zhang, Y., Cong, D., Liu, P., Zhi, X., Shi, C., Zhao, J., & Zhang, H. (2021). Study on the mechanism of regulating the hypothalamic cortical hormone releasing hormone/corticotropin releasing hormone type I receptor pathway by vibro-annular abdominal massage under the brain–intestine interaction in the treatment of insomnia. *Medicine*, 100(19).
- Zigmond, A. S., & Snaith, R. P. (1983). The hospital anxiety and depression scale. *Acta psychiatrica scandinavica*, 67(6), 361-370.



# beScored Institute



Pr. Christophe **HAUSSWIRTH**

Founder beScored Institute

[christophe@bescored.fr](mailto:christophe@bescored.fr)

+33.6.86.58.46.93

## WEBSITE

Link: [www.bescored.fr](http://www.bescored.fr)

## INTERNATIONAL PUBLICATIONS

Link: [Pubmed website](#)

## PERSONAL BOOKS

- > Recovery for performance in sport ([link](#))
- > Nutrition And Performance In Sport. Science At The Tip Of The Fork ([link](#))
- > Science of Recovery - Update on Sports Performance Improvement ([link](#))

