

Méditer pour bien vieillir ? Les possibles bienfaits des pratiques méditatives sur le déclin cognitif lié à l'âge

Meditation and successful aging: can meditative practices counteract age-related cognitive decline?

MARCO SPERDUTI^{1,2}
DOMINIQUE MAKOWSKI^{1,2}
PHILIPPE BLONDÉ^{1,2}
PASCALE PIOLINO^{1,2,3}

¹ Laboratoire Mémoire & Cognition, Institut de psychologie, Université Paris Descartes, Université Sorbonne Paris-Cité, Paris, France

² Inserm U894, Centre de psychiatrie et neurosciences, Paris, France <marcosperduti@yahoo.it>

³ Institut universitaire de France (IUF), France

Tirés à part :
M. Sperduti

Résumé. L'espérance de vie ne cesse d'augmenter dans les pays développés, mais une vie plus longue ne signifie pas toujours une bonne qualité de vie. Le vieillissement s'accompagnant d'un déclin cognitif, aussi bien normal que pathologique, il est devenu crucial pour la société de relever le défi du vieillir mieux. La méditation, couvrant une large gamme de pratiques mettant en jeu différents aspects de la cognition, en particulier l'attention et les fonctions exécutives, est l'une des pistes les plus prometteuses. Plusieurs études montrent en effet un bénéfice de la méditation sur ces fonctions cognitives. Néanmoins, seul un petit nombre d'études a investigué ses bienfaits dans le cadre du vieillissement. Les premiers résultats sont toutefois encourageants, mais de nombreuses limites sont encore à dépasser pour démontrer l'effet protecteur de la méditation sur le vieillissement cognitif.

Mots clés : méditation, pleine conscience, vieillissement, attention, cognition

Abstract. Life expectancy is constantly increasing in the developed countries due to medical, hygiene and socio-economic advances. Unfortunately, a longer life not always corresponds to a healthier life. Indeed, aging is associated with growing risk factors for illness associated with societal conditions (isolation, maltreatment), and neurodegenerative diseases. Even normal aging is associated with a cognitive decline that can hinder independence and quality of life of elderly. Thus, one major societal challenge is to build policies that support people of all ages to maintain a maximum health and functional capacity throughout their lives. Meditation could be a promising intervention in contrasting the negative effects of aging. Indeed, it has been shown to enhance cognitive efficiency in several domains, such as attention and executive functions in young adults. Nevertheless, whether these effects extend to old participants is still a matter of debate. Few studies have directly investigated this issue, reporting encouraging results in a large panel of cognitive functions, such as: attention, executive functions and memory. However, a final conclusion about the causal role of meditation and the generalization of these results is made difficult due to several methodological limitations. We propose a roadmap for future studies to pass these limitations with the hope that the present work would contribute to the development of the young research field of meditation in gerontology.

Key words: meditation, mindfulness, aging, attention, cognition

Le phénomène naturel du vieillissement, lié à des facteurs biologiques et environnementaux, modifie l'organisme à tous les niveaux : cellulaire, neurochimique, neuro-fonctionnel, neuro-structurel, comportemental et psychologique. L'espérance de vie ne cesse d'augmenter dans les pays développés, grâce aux progrès de la médecine, à l'amélioration générale de l'hygiène et aux évolutions socio-économiques. Selon le rapport de l'Organisation des Nations unies, en 2015,

901 millions de personnes étaient âgées de 60 ans ou plus, ce qui représentait 12 % de la population mondiale totale. En Europe, ce pourcentage s'élève à 24 %. Selon les prévisions actuelles, ce nombre atteindrait 1,4 milliard en 2030 et irait jusqu'à 2,1 milliards en 2050. Néanmoins, une vie plus longue ne signifie pas toujours une vie en bonne santé. En effet, le vieillissement engendre une augmentation des facteurs de risque de maladie et de troubles neurodégénératifs.

En dehors des maladies neurodégénératives, le vieillissement normal s'accompagne d'un important déclin cognitif, qui correspond à des modifications neuronales. Ces perturbations ne semblent pas toucher les fonctions cognitives de manière généralisée, mais plutôt atteindre spécifiquement les processus nécessaires à la mise en place de comportements flexibles. Ces comportements étant nécessaires pour faire face à des situations complexes et non routinières, il est donc clair que ce déclin peut affecter de manière significative l'indépendance et le bien-être des personnes âgées.

Les domaines de la cognition les plus touchés par le vieillissement sont les fonctions exécutives [1], l'attention [2, 3] et la mémoire épisodique [4, 5], en particulier dans son aspect autobiographique [6, 7]. Selon certains auteurs, les problèmes de mémoire pourraient dépendre du déclin des fonctions exécutives et de la diminution des ressources attentionnelles [6, 8]. Au niveau cérébral, le déclin cognitif lié au vieillissement a été principalement expliqué par des modifications fonctionnelles et structurelles des lobes frontaux [9], qui sont connus pour leur implication dans les processus de haut niveau susmentionnés [10, 11].

Ainsi, la recherche de pratiques capables de prévenir, voire de contrecarrer ce déclin neurocognitif est un défi sociétal majeur des futures générations, afin d'assurer aux personnes de tous les âges le maintien d'un niveau de santé et d'indépendance maximal. La méditation semble être l'une de ces pratiques les plus prometteuses. Dans cette revue de questions, nous commencerons par définir le concept de méditation dans un cadre neuroscientifique. Ensuite, nous décrirons les effets de cette pratique sur la plasticité cérébrale et sur la cognition, avant d'examiner les rares études qui se sont directement intéressées à ces effets dans le contexte du vieillissement. Enfin, nous mettrons en évidence les limites de ces études en suggérant des perspectives possibles pour que le jeune domaine de recherche en géronto-méditation puisse bien vieillir.

Qu'est-ce que la méditation ?

Le terme méditation est utilisé pour décrire une série de pratiques très hétérogènes qui vont des méthodes basées sur le mouvement, comme le yoga, le *tai chi* et le *qi gong* [12] à celles de la tradition bouddhiste, à partir desquelles se sont développés les protocoles de pleine conscience (*mindfulness*), désormais largement utilisés en psychothérapie [13]. Nous nous focaliserons plutôt sur ces dernières pratiques, car elles font l'objet d'un plus grand intérêt dans le monde des neurosciences.

Différents modèles théoriques ont été proposés dans le but d'analyser les processus cognitifs déployés pendant la méditation et améliorés par celle-ci dans le cadre d'une pratique régulière. Même s'ils diffèrent légèrement dans leur terminologie, ces modèles ont mis en évidence trois mécanismes fondamentaux : la conscience de soi (*self awareness*), le contrôle attentionnel et la régulation émotionnelle [14-17]. La conscience de soi comprend à son tour divers processus, comme par exemple la conscience de ses propres pensées ou d'aspects plutôt liés au corps (proprioception et intéroception). De même, le contrôle attentionnel peut être mis en œuvre différemment selon le type de pratique, comme nous le verrons plus loin. Concernant la régulation émotionnelle, altérée de manière complexe dans le vieillissement [18], le débat est toujours ouvert quant aux mécanismes qui seraient développés par la méditation [19]. Par la suite, nous approfondirons surtout les aspects liés au contrôle attentionnel car ils ont été les plus étudiés.

Une distinction a été proposée entre des styles de méditation basés sur l'attention focalisée (AF) et ceux basés sur l'attention ouverte (*open monitoring*, OM) [20]. Pendant l'AF, les pratiquants portent volontairement et de manière soutenue leur focus attentionnel sur un seul objet (la respiration, un mantra, etc.). Ce type de méditation développe l'attention soutenue grâce à l'entraînement de trois processus : la vigilance associée à la gestion des stimuli pouvant distraire de l'objet choisi, le désengagement attentionnel des stimuli distrayeurs lorsque l'attention n'est plus focalisée sur l'objet, et la réallocation attentionnelle sur l'objet choisi [21]. La pratique d'OM, quant à elle, correspond à une attention portée sur l'expérience du moment présent (pensées, sensations corporelles, etc.) avec une attitude de non-réactivité à chaque instant, sans focaliser l'attention sur un contenu particulier. Plus récemment, Lutz *et al.* [22] ont proposé un modèle multidimensionnel pour décrire d'un point de vue phénoménologique l'état mental associé à différents types de pratiques, en tenant compte du niveau d'expertise des pratiquants. Les trois dimensions principales de ce modèle sont l'orientation vers un objet, la de-réification¹ et la métaconscience. Par exemple, les deux styles de méditation décrits auparavant (AF et OM) peuvent être situés aux deux extrêmes de l'axe « orientation vers un objet ». De plus, chaque point de cet espace phénoménologique peut être associé à quatre dimensions qualitatives : l'ouverture du focus attentionnel, la clarté ou vivacité, la stabilité et l'effort. Ce dernier aspect est

¹ La de-réification est définie comme le degré auquel l'expérience (pensées, émotions, perceptions) est plutôt considérée comme un processus mental que comme une manifestation directe de la réalité.

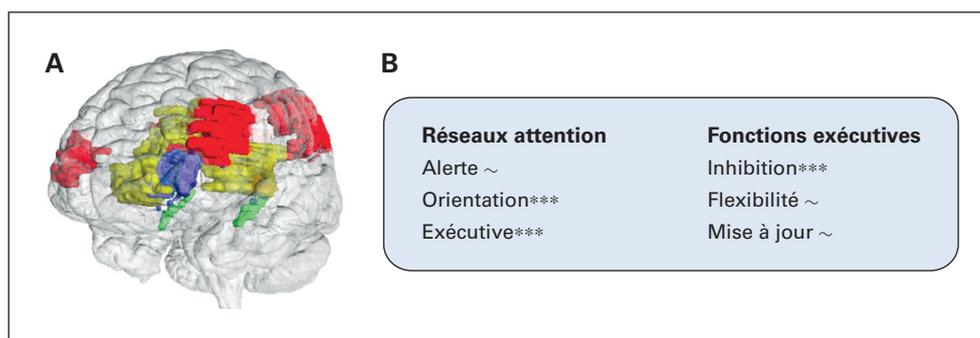


Figure 1. A. Représentation schématique des principales structures cérébrales activées pendant la méditation : le réseau attentionnel frontopariétal (rouge), le réseau de la saillance (jaune) comprenant le cortex cingulaire antérieur et l'insula, l'hippocampe (vert) et le noyau caudé (bleu). **B.** Effet de la méditation sur les différents réseaux attentionnels et sur les fonctions exécutives. *** indique un effet robuste, ~ indique un effet moins évident ou qui peut dépendre d'autres variables, tel que le niveau d'expertise dans la pratique de la méditation.

Figure 1. A. Schematic representation of the main brain structures activated during meditation: the frontoparietal attentional network (red), the salience network (yellow) encompassing the anterior cingulate cortex and the insula, the hippocampus (green), and the caudate nucleus (blue). **B.** The effect of meditation on the different attentional networks and executive functions. *** indicate a robust effect, ~ indicate a less evident effect or an effect that is likely modulated by other variables, such as the meditation expertise.

capital pour comprendre que les processus en jeu pendant la méditation, quel que soit le type de pratique, peuvent varier significativement selon l'expertise des pratiquants. De fait, si l'état méditatif du novice est caractérisé par le déploiement volontaire de ressources cognitives pour soutenir l'état attentionnel désiré, cet effort diminue au fur et à mesure de l'avancement dans la pratique.

L'intérêt croissant pour les pratiques contemplatives dans le domaine des neurosciences a entraîné de nombreuses études en neuro-imagerie. Elles se sont penchées sur les bases neurales de la méditation, apportant un soutien aux modèles exposés jusqu'ici et un éclairage sur les processus neurocognitifs en jeu.

Les bases neuronales de la méditation

Il a été montré que pendant la méditation, un vaste réseau d'aires corticales et sous-corticales est activé (pour une représentation schématique (*figure 1A*), comprenant principalement des structures frontales latérales et médianes, ainsi que le gyrus cingulaire antérieur, des régions pariétales, l'insula, des structures du lobe temporal médian (hippocampe et parahippocampe) et les ganglions de la base [15, 23]. Le réseau fronto-pariétal, ainsi qu'une partie des ganglions de la base, est connu pour son implication dans des tâches attentionnelles ainsi que dans le fonctionnement exécutif. Ce réseau semble soutenir les demandes attentionnelles qui, comme nous l'avons vu, sont le centre des pratiques méditatives. L'insula, étant donné son rôle dans les processus d'intéroception et de prise de

conscience de l'état émotionnel, pourrait être associé à l'état attentionnel vers les stimuli internes. En revanche, le rôle des structures du lobe temporal médian est encore débattu. Ces régions sont impliquées dans différents types de processus tels que la récupération de souvenirs autobiographiques [7], le voyage mental dans le temps [24] et la génération spontanée de pensées [25]. Une explication possible de l'implication de ces structures pendant la méditation serait la prise de conscience et la maîtrise du flux de pensées qui restent normalement en dehors du contrôle volontaire.

Néanmoins, établir les bases cérébrales de la méditation reste une tâche délicate. D'une part, les méthodes de neuro-imagerie fonctionnelle ont des limitations intrinsèques : par exemple, concernant le choix d'une ligne de base nécessaire pour appliquer la méthode soustractive permettant d'obtenir l'activation des aires dans une certaine tâche, la plupart des études ont utilisé une période de repos. Or, cette condition ne correspond pas forcément à un état neutre, en particulier avec des pratiquants experts, susceptibles d'entrer dans un état méditatif pendant le repos. Par ailleurs, dans la plupart des protocoles, l'activité cérébrale est enregistrée pendant de courtes périodes de méditation (de 30 secondes à quelques minutes) en alternance avec des périodes de repos². De toute évidence, ces conditions ne reflètent ni la complexité de l'état méditatif, ni la demande d'attention soutenue déployée lors de longues sessions de pratique. D'autre part, plusieurs études ont mis en évidence que les aires activées et leur degré

² Dans cette condition, on demande généralement aux participants de se détendre et de ne pas penser à quelque chose en particulier.

d'engagement peuvent varier selon les différents styles de méditation et le niveau d'expertise des participants. Par exemple, Manna *et al.* [26] ont montré qu'avec les mêmes participants, les régions frontales latérales étaient plus activées pendant la méditation OM que pendant une pratique d'AF. De plus, l'activité des structures frontales présente une relation en forme de U inversé avec le niveau d'expertise des participants [27]. En d'autres termes, une diminution de l'activité dans ces régions, probablement liée à un désengagement du contrôle cognitif et à une diminution de l'effort, a été observée chez les pratiquants les plus experts.

Il existe également des modifications structurelles dans diverses régions activées pendant la pratique de la méditation. Par exemple, une augmentation du volume et de la densité de matière grise a été mise en évidence dans des régions frontales, dans le gyrus cingulaire, dans l'insula et dans l'hippocampe [28, 29]. Ces données suggèrent que la pratique régulière de la méditation pourrait faciliter le processus de plasticité cérébrale et, en conséquence, avoir un effet protecteur contre le processus d'atrophie observé pendant le vieillissement, en particulier dans les structures du lobe frontal. Une fois de plus, même si ces résultats sont encourageants, ils ne sont pas entièrement probants en ce qui concerne le rôle causal de la méditation sur les modifications observées. En effet, la plupart des études sont transversales et comparent des sujets experts à un groupe contrôle, ce qui peut laisser croire que les différences observées pourraient être dues à des facteurs préalables à la pratique. Si, de manière générale, une augmentation dans la morphologie d'une certaine structure est censée correspondre à une amélioration de sa fonctionnalité, cette hypothèse a rarement été testée dans le domaine de recherche consacré à la méditation. Ainsi, la question de la relation entre modifications structurelles et améliorations des performances comportementales reste encore ouverte.

Néanmoins, les effets de la méditation sur le fonctionnement cognitif ont été le sujet de nombreuses investigations comportementales que nous allons résumer dans la section suivante.

Les bienfaits de la méditation sur la cognition

Étant donné l'importance des mécanismes attentionnels dans la définition des pratiques méditatives, il n'est pas étonnant que beaucoup de travaux aient étudié leurs effets sur les performances dans des tâches attentionnelles.

L'un des modèles attentionnels les plus diffusés propose la distinction entre trois sous-composantes : l'alerte, l'orientation et la composante exécutive [30, 31]. L'alerte est définie comme l'habileté à maintenir un état de vigilance pour être prêt à répondre à un stimulus inattendu. L'orientation correspond à la capacité de focaliser l'attention sur un sous-ensemble de stimuli présents dans l'environnement. La composante exécutive se réfère aux processus de contrôle et de résolution de conflit entre stimuli permettant l'accès aux ressources attentionnelles. L'efficacité de ces trois composantes peut être mesurée grâce à une tâche unique : l'*Attentional networks task* [32].

Plusieurs études ont utilisé cette tâche pour tester l'impact de la méditation sur les performances attentionnelles. Des études transversales, comparant des experts en méditation à des novices, ont montré de meilleures performances pour l'orientation et la composante exécutive [33, 34]. L'étude de Jha *et al.* [33] a mis en évidence que l'effet sur les différentes composantes de l'attention peut varier selon la durée de la pratique. De fait, les auteurs ont comparé un groupe d'experts à un groupe de participants sans expérience méditative avant (T0) et après (T1) une retraite de méditation pour les experts et un protocole de huit semaines de *Mindfulness based stress reduction* (MBSR) pour le deuxième groupe. À T0, les experts avaient de meilleures performances pour la composante exécutive par rapport aux participants ne pratiquant pas la méditation. Cependant, ce résultat n'est plus observé à T1 après le protocole MBSR. À T1, les experts avaient de meilleurs scores pour l'alerte, et le groupe MBSR présentait une amélioration de l'orientation. Ces résultats suggèrent que les processus qui bénéficieraient le plus rapidement de la méditation seraient la composante exécutive et l'orientation. Cette hypothèse est corroborée par une étude longitudinale montrant une amélioration de la composante exécutive après seulement cinq jours de pratique [35]. D'autres études, utilisant des tâches différentes, confirment l'impact de la méditation sur la composante exécutive de l'attention. Slagter *et al.* [36] ont étudié l'effet d'une pratique intensive de trois mois sur l'effet de clignement attentionnel (le fait que lorsque deux cibles sont présentées dans une série de stimuli en succession rapide, la deuxième cible n'est souvent pas détectée). Ce phénomène serait dû à la compétition des deux stimuli pour des ressources attentionnelles limitées. Les auteurs ont montré qu'après une retraite de méditation, les participants sont plus efficaces dans la détection de la deuxième cible – réduction du clignement attentionnel – et que cet effet est lié à la réduction de ressources neuronales dédiées au traitement de la première cible. Le même résultat a été rapporté dans une autre étude transversale portant sur des

pratiquants experts [37]. Cette dernière étude comprenait deux groupes d'âge moyen (environ 50 ans), un composé de participants pratiquant la méditation et l'autre de sujets naïfs, ainsi qu'un groupe contrôle de sujets jeunes. Le cli-gnement attentionnel était plus important dans le groupe d'âge moyen naïf que dans les groupes d'experts du même âge et de jeunes. Ces résultats laissent à penser que la méditation pourrait contrecarrer le déclin des capacités attentionnelles avec l'âge.

Au-delà des performances attentionnelles, la méditation aurait également un impact sur d'autres fonctions cognitives de haut niveau. Par exemple, différentes études montrent une amélioration des performances de mémoire de travail après de courts entraînements de méditation [38-40]. Néanmoins, Mrazek *et al.* [39] ont montré que cette amélioration serait plutôt liée à une diminution du *mind wandering* (vagabondage de l'esprit), c'est-à-dire à la tendance à laisser errer son esprit sans contrôle. Elle serait donc une conséquence du bénéfice sur les performances attentionnelles. Une autre étude intéressante a mis en évidence une dissociation entre une amélioration des capacités de flexibilité et d'inhibition cognitives d'une part, et une absence d'effet sur la flexibilité et l'inhibition motrices d'autre part, après un protocole de pleine conscience de huit semaines [41]. Ces derniers résultats suggèrent que les bénéfices de la méditation ne seraient pas globaux, mais plutôt spécifiques à certaines fonctions exécutives. Une récente revue de la littérature [42] visait à faire le point sur cette hypothèse en analysant les études existantes dans le cadre du modèle des fonctions exécutives de Miyake *et al.* [43]. Dans ce modèle, on fait la distinction entre l'inhibition (suppression des actions inappropriées ou habituelles), la mise à jour en mémoire de travail (le contrôle et la manipulation du contenu de l'information pour garder l'information pertinente en mémoire de travail) et la flexibilité mentale (capacité à changer de tâche ou de stratégie de manière flexible). L'auteur conclut que l'effet le plus robuste porterait sur les capacités d'inhibition. Au contraire, les résultats concernant la flexibilité cognitive semblent peu concluants. La seule étude montrant un bénéfice de la méditation sur cette fonction comprend des participants âgés de plus de 65 ans [44]. Ces résultats pourraient donc témoigner d'un possible effet protecteur, plutôt qu'une amélioration, et ce au sein d'une population présentant déjà un déclin de cette capacité. Pour un résumé de l'effet de la méditation sur les différentes fonctions cognitives voir la *figure 1B*.

S'il existe de nombreuses études montrant un effet bénéfique de la méditation sur les mécanismes neurocognitifs les plus touchés par le vieillissement, il est étonnant de constater que celles consacrées à l'investigation de potentiels effets protecteurs de la méditation sur le vieillissement

cognitif sont extrêmement rares. Pourtant, l'intérêt d'élargir l'étude de la méditation au domaine de la gérontologie a été évoqué récemment par plusieurs groupes de recherche [45-47]. Ainsi, dans la section suivante nous ferons le point sur l'état de l'art dans ce domaine de recherche.

L'effet de la méditation sur le vieillissement cognitif

La première étude à tester l'effet de la méditation auprès d'une population âgée est celle d'Alexander *et al.* [48]. Dans une série de tests évaluant les capacités mnésiques et les fonctions exécutives, les auteurs ont comparé les performances de 73 participants (81 ans, en moyenne), en fonction de trois types d'interventions cognitives attribuées aléatoirement ou sans aucune intervention. Les trois interventions consistaient en douze semaines de méditation transcendantale (MT), un entraînement à la *mindfulness* (notons ici que cette intervention ne correspondait pas aux protocoles structurés couramment utilisés, mais consistait en des exercices de production de mots et de créativité) ou de la relaxation. Les résultats montrent que le groupe de MT présentait de meilleures performances dans une tâche de mémoire associative par rapport au groupe sans intervention. En revanche, seule une tendance est mise en évidence concernant les performances à la tâche de Stroop. Concernant la tâche de fluence verbale, un effet significatif est rapporté dans l'Anova incluant les quatre groupes, et montre des performances qualitativement plus élevées pour le groupe de *mindfulness*. Cependant, dans les comparaisons deux à deux, aucune différence significative n'apparaît.

Dans une étude plus récente, Prakash *et al.* [49] ont comparé un groupe de sujets âgés de plus de 55 ans, experts en méditation, avec un groupe de novices apparié en âge. Les auteurs ont utilisé une large série de tests mesurant la mémoire de travail, la flexibilité cognitive, l'inhibition, la vitesse de traitement et l'attention soutenue, et rapportent de meilleures performances pour le groupe d'experts dans presque tous les domaines. Dans une autre étude transversale, les performances dans une tâche complexe de *switching* visuospatial, considérée comme une mesure composite des fonctions cognitives, ont été comparées selon quatre groupes : des pratiquants de *tai chi*, de méditation, d'exercice physique et un groupe de sédentaires ne pratiquant aucune de ces activités [50]. Les participants de chaque groupe étaient inclus dans une tranche d'âge allant de 20 à 75 ans. Les auteurs ont montré que l'âge, tous groupes confondus, explique 76 %

de la variance des performances à la tâche, suggérant que le vieillissement affecte de manière déterminante les performances. Néanmoins, les groupes de *tai chi* et de méditation montraient de meilleures performances par rapport au groupe de sédentaires. Sur ces deux groupes, l'effet de l'âge semble moins important sur les performances de *switching*. Enfin, une étude transversale comparant deux groupes d'âge (> 60 ans), dont un groupe d'experts en méditation, ainsi qu'un groupe de jeunes, et utilisant l'*Attentional networks task*, montre un déclin spécifique de l'efficacité de la composante exécutive de l'attention avec l'âge, qui n'était pas présent chez les experts [51]. En effet, les performances de ces derniers n'étaient pas significativement différentes de celles des jeunes.

Deux études récentes ont aussi testé dans une approche longitudinale l'effet d'un court entraînement de méditation sur différentes fonctions cognitives. Au sein d'un échantillon très large, Moynihan *et al.* [44] ont comparé les performances cognitives de personnes âgées (une centaine de personnes âgées de plus de 65 ans par groupe) aléatoirement assignées à un protocole de *mindfulness based stress reduction* (MBSR) ou à une liste d'attente. Les auteurs montrent que les participants du groupe MBSR avaient de meilleures performances en flexibilité cognitive, mais pas en vitesse de traitement. Le bénéfice de la méditation serait donc plutôt lié à une amélioration de la composante exécutive qu'à des aspects de plus bas niveau, comme le traitement de l'information. De plus, cet avantage n'était plus évident entre 11 et 33 semaines après la fin de l'intervention. À l'inverse, une autre étude comparant les performances de deux groupes de sujets âgés de 55 à 75 ans inclus dans un protocole de méditation ou dans un groupe d'entraînement cognitif sur une tâche de Stroop modifiée, montre une diminution des temps de réaction des participants dans le groupe de méditation, indépendamment de la condition expérimentale. Ceci suggère plutôt un effet sur les mécanismes de traitement de l'information et non pas un effet spécifique sur les aspects exécutifs [52]. Cette étude, à la différence de la précédente, comprend un groupe de sujets contrôles actifs, ce qui pourrait expliquer les différences observées.

Comme nous l'avons vu plus haut, les améliorations cognitives liées à la méditation sont également liées à des modifications cérébrales. Ainsi, nous pouvons nous demander comment s'effectuent ces modifications dans le cadre du vieillissement. Luders *et al.* [53] ont utilisé un algorithme basé sur le *machine learning* pour extraire, à partir des données anatomiques cérébrales, un score permettant de déterminer « l'âge » du cerveau (*brain age*). Les chercheurs ont trouvé que les méditants avaient, à âge égal, un cerveau plus jeune de 7,5 ans par rapport aux

novices. Ceci témoignerait d'un effet protecteur de la méditation sur l'atrophie cérébrale liée au vieillissement. Plus récemment, dans une étude longitudinale, Cotier *et al.* [54] ont étudié la réorganisation de la connectivité neuronale chez 45 participants âgés assignés de manière aléatoire à un protocole de 8 semaines de méditation ou de relaxation. Les résultats ont mis en évidence, dans le groupe de méditation, un patron complexe de réorganisation fonctionnelle, concernant surtout le réseau du mode par défaut, le réseau somatosensoriel et le réseau de la saillance. Ce patron de changements suggère une meilleure efficacité dans le traitement de l'information. Les effets protecteurs de la méditation contre le vieillissement cérébral pourraient s'expliquer par un gain de tissu, que ce soit au niveau de la matière blanche ou de la matière grise [55], ainsi que par une diminution de l'atrophie cérébrale, notamment via la réduction du stress, connu pour avoir un impact négatif sur le volume cérébral [56].

En résumé, les rares études existantes indiquent que la pratique de la méditation, tant à long terme que sur de courtes périodes, pourrait avoir un impact bénéfique sur l'effet de l'âge sur la cognition, que ce soit au niveau du déclin de la mémoire épisodique, de la flexibilité mentale et des aspects exécutifs de l'attention. Cette amélioration du contrôle attentionnel par la méditation serait centrale dans les effets de cette pratique sur le vieillissement, étant donné que cela se répercute sur le bien-être des sujets âgés, améliorant leur qualité de vie et limitant les risques de dépression et donc de dégradation de leurs fonctions cognitives [57]. Malgré ces résultats encourageants, il est encore trop tôt pour tirer des conclusions définitives sur les bénéfices de la méditation sur le vieillissement cognitif, notamment à cause de l'hétérogénéité et des limites méthodologiques des études prises en compte. Dans la section suivante, nous mettrons en évidence ces limites en essayant de proposer une *roadmap* pour de futures études.

Limites et perspectives

Une des limites les plus évidentes de certaines études examinées précédemment repose sans doute sur leur approche transversale. En effet, bien que celle-ci soit utile pour produire des résultats préliminaires et pour étudier les phénomènes liés à l'expertise, cette méthode ne permet pas d'établir des conclusions sur le lien de causalité entre les effets observés et la méditation. En effet, ces différences pourraient également dépendre de nombreux autres facteurs. On peut citer par exemple : des différences de base au niveau génétique ou phénotypique qui pousseraient certains individus vers ce type de pratiques, ou

Points clés

- Le vieillissement normal et le déclin cognitif qui l'accompagne représentent un défi sociétal majeur.
- L'attention et les fonctions exécutives, particulièrement touchées par ce déclin, jouent un rôle central dans l'indépendance et la qualité de vie des personnes âgées.
- Les pratiques méditatives, bâties sur l'entraînement des capacités attentionnelles, se sont révélées efficaces dans la promotion de la plasticité neurocognitive.
- La pratique de la méditation pourrait ainsi s'avérer un outil prometteur dans la prévention et la remédiation du déclin cognitif lié au vieillissement.

encore le résultat indirect de la méditation sur d'autres variables comme l'humeur et le style de vie.

Une deuxième limite est que le nombre réduit de participants ne permet pas la généralisation des résultats trouvés. En effet, l'échantillon de la plupart des études se limite à un maximum d'une vingtaine de participants. La seule exception est l'étude de Moynihan *et al.* [44] comprenant plus de 100 participants par groupe. Néanmoins, cette étude n'inclut pas de groupe de contrôle actif, il est donc difficile de prouver la spécificité des effets de la méditation.

Une autre difficulté dans l'interprétation de l'ensemble des résultats pris en considération est l'hétérogénéité du type d'intervention utilisé et des mesures cognitives employées pour en tester les effets, d'où la complexité d'une comparaison directe des différents travaux.

Face à ces limites, les futures études devront tenir compte de trois facteurs essentiels : 1) utiliser une

approche longitudinale en incluant un groupe de contrôle actif. Un protocole – the *Health enancement program* (HEP [58]) – qui partage plusieurs caractéristiques avec les interventions MBSR a récemment été validé ; 2) augmenter l'échantillon des groupes étudiés ; 3) utiliser une évaluation standardisée des fonctions exécutives et de l'attention afin de faciliter la comparaison des résultats et de tester à quel point les améliorations observées dans un domaine spécifique (par exemple la mémoire de travail) dépendent des bénéfices sur le fonctionnement attentionnel.

L'étude de la méditation comme possible outil de remédiation cognitive dans le vieillissement fait ses premiers pas. Pour le moment, les résultats sont prometteurs, mais ce n'est qu'en dépassant les limites mises en évidence ici que ce domaine de recherche pourra s'épanouir. Au-delà du vieillissement normal, est-ce que ces pratiques pourraient aussi être efficaces dans le cadre des maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer ? Des premiers résultats vont dans le sens de cette hypothèse. Ainsi, des effets bénéfiques d'un entraînement de méditation (8-12 semaines) sur le fonctionnement cérébral, ainsi que sur les capacités cognitives ont été mis en évidence chez des patients allant de la présence d'une plainte mnésique jusqu'aux symptômes précoces de la maladie d'Alzheimer [59, 60].

Remerciements. Marco Sperduti remercie chaleureusement Josy Thibaut pour son inspiration.

Liens d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.

Références

1. Buczyłowska D, Petermann F. Age-related commonalities and differences in the relationship between executive functions and intelligence: analysis of the NAB executive functions module and WAIS-IV scores. *Appl Neuropsychol Adult* 2016, Aug 2 : 1-16 [Epub ahead of print].
2. Mahoney JR, Verghese J, Goldin Y, Lipton R, Holtzer R. Alerting, orienting, and executive attention in older adults. *J Int Neuropsychol Soc* 2010 ; 16 : 877-89.
3. Zhou SS, Fan J, Lee TM, Wang CQ, Wang K. Age-related differences in attentional networks of alerting and executive control in young, middle-aged, and older Chinese adults. *Brain Cogn* 2011 ; 75 : 205-10.
4. Maillet D, Rajah MN. Age-related differences in brain activity in the subsequent memory paradigm: a meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev* 2014 ; 45 : 246-57.
5. Tromp D, Dufour A, Lithfous S, Pebayle T, Després O. Episodic memory in normal aging and Alzheimer disease: insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Res Rev* 2015 ; 24 : 232-62.
6. Martinelli P, Sperduti M, Devauchette AD, Kalenzaga S, Gallarda T, Lion S, *et al.* Age-related changes in the functional network underlying specific and general autobiographical memory retrieval: a pivotal role for the anterior cingulate cortex. *PLoS One* 2013 ; 8 : e82385.
7. Piolino P, Desgranges B, Eustache F. Episodic autobiographical memories over the course of time: cognitive, neuropsychological and neuroimaging findings. *Neuropsychologia* 2009 ; 47 : 2314-29.
8. Gazzaley A, D'Esposito M. Top-down modulation and normal aging. *Ann NY Acad Sci* 2007 ; 1097 : 67-83.
9. Yuan P, Raz N. Prefrontal cortex and executive functions in healthy adults: a meta-analysis of structural neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev* 2014 ; 42 : 180-92.
10. Cieslik EC, Mueller VI, Eickhoff CR, Langner R, Eickhoff SB. Three key regions for supervisory attentional control: evidence from neuroimaging meta-analyses. *Neurosci Biobehav Rev* 2015 ; 48 : 22-34.
11. Niendam TA, Laird AR, Ray KL, Dean YM, Glahn DC, Carter CS. Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2012 ; 12 : 241-68.

12. Schmalzl L, Crane-Godreau MA, Payne P. Movement-based embodied contemplative practices: definitions and paradigms. *Front Hum Neurosci* 2014 ; 8 : 205.
13. Rubia K. The neurobiology of meditation and its clinical effectiveness in psychiatric disorders. *Biol Psychol* 2009 ; 82 : 1-11.
14. Hölzel BK, Lazar SW, Gard T, Schuman-Olivier Z, Vago DR, Ott U. How does mindfulness meditation work? Proposing mechanisms of action from a conceptual and neural perspective. *Perspect Psychol Sci* 2011 ; 6 : 537-59.
15. Sperduti M, Martinelli P, Piolino P. A neurocognitive model of meditation based on activation likelihood estimation (ALE) meta-analysis. *Conscious Cogn* 2012 ; 21 : 269-76.
16. Tang YY, Hölzel BK, Posner MI. The neuroscience of mindfulness meditation. *Nat Rev Neurosci* 2015 ; 16 : 213-25.
17. Vago DR. Self-awareness, self-regulation, and self-transcendence (S-ART): a framework for understanding the neurobiological mechanisms of mindfulness. *Front Hum Neurosci* 2012 ; 6 : 296.
18. Makowski D, Sperduti M, Blanchet S, Nicolas S, Piolino P. Emotion regulation and the cognitive decline in aging: beyond the paradox. *Geriatr Psychol Neuropsychiatr Vieil* 2015 ; 13 : 301-8.
19. Chiesa A, Serretti A, Jakobsen JC. Mindfulness: Top-down or bottom-up emotion regulation strategy? *Clini Psychol Rev* 2013 ; 33 : 82-96.
20. Lutz A, Slagter HA, Dunne JD, Davidson RJ. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends Cogn Sci* 2008 ; 12 : 163-9.
21. Hasenkamp W, Wilson-Mendenhall CD, Duncan E, Barsalou LW. Mind wandering and attention during focused meditation: a fine-grained temporal analysis of fluctuating cognitive states. *Neuroimage* 2012 ; 59 : 750-60.
22. Lutz A, Jha AP, Dunne JD, Saron CD. Investigating the phenomenological matrix of mindfulness-related practices from a neurocognitive perspective. *Am Psychol* 2015 ; 70 : 632-58.
23. Tomasino B, Fregona S, Skrap M, Fabbro F. Meditation-related activations are modulated by the practices needed to obtain it and by the expertise: an ALE meta-analysis study. *Front Hum Neurosci* 2012 ; 6 : 346.
24. Viard A, Chételat G, Lebreton K, Desgranges B, Landeau B, de La Sayette V, et al. Mental time travel into the past and the future in healthy aged adults: an fMRI study. *Brain Cogn* 2011 ; 75 : 1-9.
25. Christoff K, Ream JM, Gabrieli JDE. Neural basis of spontaneous thought processes. *Cortex* 2004 ; 40 : 623-30.
26. Manna A, Raffone A, Perrucci MG, Nardo D, Nardo D, Ferretti A, et al. Neural correlates of focused attention and cognitive monitoring in meditation. *Brain Res Bull* 2010 ; 82 : 46-56.
27. Brefczynski-Lewis JA, Lutz A, Schaefer HS, Levinson DB, Davidson RJ. Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proc Natl Acad Sci USA* 2007 ; 104 : 11483-8.
28. Debarnot U, Sperduti M, Di Rienzo F, Guillot A. Experts bodies, experts minds: how physical and mental training shape the brain. *Front Hum Neurosci* 2014 ; 8 : 280.
29. Fox KCR, Njeboer S, Dixon ML, Floman JL, Ellamil M, Smaule P, et al. Is meditation associated with altered brain structure? A systematic review and meta-analysis of morphometric neuroimaging in meditation practitioners. *Neurosci Biobehav Rev* 2014 ; 43 : 48-73.
30. Petersen S, Posner M. The attention system of the human brain: 20 years after. *Annu Rev Neurosci* 2012 ; 21 : 73-89.
31. Posner M, Petersen S. The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci* 1990 ; 13 : 25-42.
32. Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner M. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *J Cogn Neurosci* 2002 ; 14 : 340-7.
33. Jha AP, Krompinger J, Baime MJ. Mindfulness training modifies subsystems of attention. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2007 ; 7 : 109-19.
34. Van Den Hurk PAM, Gionmi F, Gielen SC, Speckens AEM, Barendregt HP. Greater efficiency in attentional processing related to mindfulness meditation. *Q J Exp Psychol* 2007 ; 63 : 1168-80.
35. Tang YY, Ma Y, Wang J, Fan Y, Feng S, Lu Q, et al. Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proc Natl Acad Sci USA* 2007 ; 104 : 17152-6.
36. Slagter HA, Giesbrecht B, Kok A, Weissman DH, Kenemans JL, Woldorf MG, et al. Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS Biol* 2007 ; 5 : 1228-35.
37. van Leeuwen S, Müller NG, Melloni L. Age effects on attentional blink performance in meditation. *Conscious Cogn* 2009 ; 18 : 593-9.
38. Chambers R, Lo BCY, Allen NB. The impact of intensive mindfulness training on attentional control, cognitive style, and affect. *Cognit Ther Res* 2008 ; 32 : 303-22.
39. Mrazek MD, Franklin MS, Phillips DT, Baird B, Schooler JW. Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychol Sci* 2013 ; 24 : 776-81.
40. Zeidan F, Johnson SK, Diamond BJ, David Z, Goolkasian P. Mindfulness meditation improves cognition: evidence of brief mental training. *Conscious Cogn* 2010 ; 19 : 597-605.
41. Heeren A, Van Broeck N, Philippot P. The effects of mindfulness on executive processes and autobiographical memory specificity. *Behav Res Ther* 2009 ; 47 : 403-9.
42. Gallant SN. Mindfulness meditation practice and executive functioning: breaking down the benefit. *Conscious Cogn* 2016 ; 40 : 116-30.
43. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol* 2000 ; 41 : 49-100.
44. Moynihan JA, Chapman BP, Kloman R, Krasner MS, Dubeerstein PR, Brown KW, et al. Mindfulness-based stress reduction for older adults: effects on executive function, frontal alpha asymmetry and immune function. *Neuropsychobiology* 2013 ; 68 : 34-43.
45. Gard T, Hölzel BK, Lazar SW. The potential effects of meditation on age-related cognitive decline: a systematic review. *Ann NY Acad Sci* 2014 ; 1307 : 89-103.
46. Marciniak R, Sheardova K, Cermáková P, Hudeček D, Sumec R, Hort J. Effect of meditation on cognitive functions in context of aging and neurodegenerative diseases. *Front Behav Neurosci* 2014 ; 8 : 17.
47. Prakash RS, De Leon AA, Patterson B, Schirda BL, Janssen AL. Mindfulness and the aging brain: a proposed paradigm shift. *Front Aging Neurosci* 2014 ; 6 : 120.
48. Alexander CN, Chandler HM, Langer EJ, Newman RI, Davies JL. Transcendental meditation, mindfulness, and longevity: an experimental study with the elderly. *J Pers Soc Psychol* 1989 ; 57 : 950-64.
49. Prakash R, Rastogi P, Dubey I, Abhishek P, Chaudhury S, Small BJ. Long-term concentrative meditation and cognitive performance among older adults. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 2012 ; 19 : 479-94.
50. Hawkes TD, Manselle W, Woollacott MH. Cross-sectional comparison of executive attention function in normally aging long-term T'ai chi, meditation, and aerobic fitness practitioners versus sedentary adults. *J Altern Complement Med* 2014 ; 20 : 178-84.

51. Sperduti M, Makowski D, Piolino P. The protective role of long-term meditation on the decline of the executive component of attention in aging: a preliminary cross-sectional study. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 2016 ; 23 : 691-702.
52. Malinowski P, Moore AW, Mead BR, Gruber T. Mindful aging: the effects of regular brief mindfulness practice on electrophysiological markers of cognitive and affective processing in older adults. *Mindfulness (NY)* 2017 ; 8 : 78-94.
53. Luders E, Cherbuin N, Gaser C. Estimating brain age using high-resolution pattern recognition: younger brains in long-term meditation practitioners. *Neuroimage* 2016 ; 134 : 508-13.
54. Cotier FA, Zhang R, Lee TM. A longitudinal study of the effect of short-term meditation training on functional network organization of the aging brain. *Sci Rep* 2017 ; 7 : 598.
55. Hernández SE, Suero J, Barros A, González-Mora J, Luis J, Rubia K. Increased grey matter associated with long-Term Sahaja yoga meditation: a voxel-based morphometry study. *PLoS One* 2016 ; 11 : e0150757.
56. Luders E, Cherbuin N. Searching for the philosopher's stone: promising links between meditation and brain preservation. *Ann NY Acad Sci* 2016 ; 1373 : 38-44.
57. Fountain-Zaragoza S, Prakash RS. Mindfulness training for healthy aging: impact on attention, well-being, and inflammation. *Front Aging Neurosci* 2017 ; 9 : 11.
58. MacCoon DG, Imel ZE, Rosenkranz MA, Sheftel JG, Weng HY, Sullivan JC, *et al.* The validation of an active control intervention for mindfulness based stress reduction (MBSR). *Behav Res Ther* 2012 ; 50 : 3-12.
59. Innes KE, Selfe TK, Khalsa DS, Kandati S. Meditation and music improve memory and cognitive function in adults with subjective cognitive decline: a pilot randomized controlled trial. *J Alzheimers Dis* 2017 ; 56 : 899-916.
60. Newberg AB, Wintering N, Khalsa DS, Roggenkamp H, Waldman MR. Meditation effects on cognitive function and cerebral blood flow in subjects with memory loss: a preliminary study. *J Alzheimers Dis* 2010 ; 20 : 517-26.