

Vieillissement, activité physique et cognition

Cédric Albinet⁽¹⁾⁽²⁾, Khaled Fezzani⁽¹⁾ et Bernard Thon⁽¹⁾

RÉSUMÉ

Le vieillissement de la population est un phénomène majeur pour notre société. Au niveau individuel, le vieillissement se caractérise notamment par un déclin de la vitesse et de l'efficacité des processus cognitifs et sensori-moteurs. Cependant la dynamique du vieillissement n'est pas identique pour tous les individus et certains facteurs, liés au mode de vie, sont susceptibles de moduler ses effets. Parmi ces facteurs, la pratique régulière d'activité physique fait aujourd'hui l'objet d'un travail de recherche croissant. Les travaux dans ce domaine montrent qu'elle peut être un puissant facteur de maintien de la vitalité cognitive, essentielle à l'autonomie et à la qualité de vie des personnes âgées. Cet article se propose de faire le point sur les connaissances actuelles dans ce domaine de recherche. A travers une analyse des questions posées et des méthodologies utilisées pour y répondre, nous montrerons que la relation entre activité physique et vieillissement cognitif semble être aujourd'hui établie. Cette relation est toutefois dépendante de certains facteurs, comme la nature des tâches utilisées ou les caractéristiques des individus (âge, aptitude physique). Les principaux modèles théoriques élaborés pour expliquer cette relation seront finalement présentés, nous amenant à proposer certaines perspectives de recherche.

Mots-clés : exercice, personnes âgées, cognition, sénescence, aptitude physique.

Aging, physical exercise, and cognition

ABSTRACT

The ageing of the population is a major phenomenon for our society. Human ageing can be characterized by a decrease in both speed and efficiency of cognitive and sensorimotor processes. However, the ageing dynamic is not the same for all individuals, and some factors,

⁽¹⁾ Laboratoire Adaptation Perceptivo-Motrice et Apprentissage, EA 3691

UFR STAPS, Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, 31064 Toulouse Cedex 2

⁽²⁾ Cédric Albinet est actuellement rattaché au Laboratoire Efficience et Déficience Motrices, EA 2991, Faculté des Sciences du Sport, 700, Avenue du Pic St Loup, 34090 Montpellier. cedric.albinet@univ-montp1.fr

related to the way of life, could modulate its effects. Among these factors, regular physical exercise is subject to a growing body of research. Works in this area show that it could be a powerful factor in maintaining cognitive vitality, which is essential for autonomy and quality of life in old age. This article proposes to review the current knowledge in this research area. Through an analysis of the questions asked and the methodologies used, we will show that the relationship between physical exercise and cognitive aging seems to be actually established. However, this relationship is not unambiguous, because it is modulated by some factors such as the used tasks, or individuals' characteristics (age, physical fitness). The main suggested theoretical models explaining this relationship will be finally described, leading to propose some research perspectives.

Key words: exercise, older people, cognition, senescence, physical fitness.

Introduction

Le vieillissement de la population est un fait majeur de nos sociétés modernes. En France, les personnes âgées de 60 ans ou plus sont aujourd'hui au nombre de 12 millions et représentent 21 % de la population. Elles seront 21 millions en 2035, soit un tiers de la population totale (Brutel & Omalek, données INSEE 2003). Ce phénomène n'est pas propre à la France mais se généralise au niveau mondial et concerne même les pays en développement. Les conséquences de ce phénomène concernent la santé publique et l'économie par les coûts qu'entraîne la prise en charge des personnes dépendantes ou le traitement des maladies liées au vieillissement (McPherson, 1994 ; Shephard, 1997 ; Wood, Reyes-Alvarez, Maraj *et al.*, 1999). En restant dans le cadre du « vieillissement normal », l'étude de la relation entre le fonctionnement cognitif et l'avancée en âge suggère que la majorité des personnes ayant plus de 60 ans démontre des déclins liés à l'âge dans les fonctions cognitives, incluant la mémoire, l'attention, la perception, la résolution de problème, la vitesse de traitement de l'information ou encore l'acquisition et la rétention de nouvelles habiletés (Birren & Schaie, 1990 ; 2001). Ces déclins cognitifs liés à l'âge seraient particulièrement prononcés pour les tâches mesurant la vitesse de traitement de l'information (Jacewicz & Hartley, 1987 ; Cerella & Hale, 1994 ; Salthouse, 1996) ainsi que pour les tâches requérant l'utilisation de la mémoire de travail et les processus de contrôle exécutif (Grady & Craik, 2000 ; Hall, Smith, & Keele, 2001 ; Meyer, Glass, Mueller, Seymour, & Kieras, 2001). Ces déclins cognitifs ont des implications importantes car les capacités cognitives sont un contributeur essentiel à la qualité de vie des personnes âgées (Fillit *et al.*, 2002). En conséquence, le développement de stratégies afin de maintenir ou d'améliorer le fonctionnement cognitif aux âges avancés de la vie est un enjeu important de santé publique.

Plusieurs facteurs liés au mode de vie, comme la nutrition, la consommation de tabac, la prise de médicaments ou le niveau de santé ou d'éducation, peuvent moduler les effets du vieillissement sur la cognition. Selon les cas, ces facteurs peuvent retarder ou accélérer certaines évolutions. Un des facteurs comportementaux impliqués dans le maintien ou l'amélioration de multiples

aspects du fonctionnement physique ou psychologique de la personne âgée est la pratique d'activités physiques. Elle est aujourd'hui considérée comme un élément important dans le management de la santé et de la prévention des effets du vieillissement. Depuis plus d'une trentaine d'années, se développe un domaine de recherche grandissant dont l'objectif est d'étudier l'influence de l'activité physique sur le vieillissement des fonctions cognitives. La multiplication des méthodologies utilisées et l'accumulation des données empiriques permettent aujourd'hui de tirer certaines conclusions et de dessiner des perspectives pour améliorer notre connaissance de ce phénomène.

L'objectif principal de cet article est de proposer une revue en langue française de la littérature portant sur l'effet de l'activité physique sur le vieillissement du fonctionnement cognitif. L'ambition est de proposer au lecteur une revue synthétique de l'état actuel de nos connaissances méthodologiques, empiriques et théoriques dans ce domaine. Après avoir brièvement défini les concepts clés, nous centrerons notre propos sur les résultats expérimentaux disponibles, éclairés par les méthodologies employées dans les différentes études recensées. Nous discuterons ensuite des facteurs potentiels modulant la relation entre l'activité physique et la cognition et présenterons les principaux mécanismes théoriques qui ont été avancés pour expliquer cette relation. Nous centrerons notre propos sur les mécanismes qui tentent de déterminer un lien plus ou moins direct entre l'activité physique et le fonctionnement cognitif des adultes âgés. De nombreuses études se sont intéressées, par ailleurs, à la relation entre la pratique d'activité physique et la santé psychique ou le sentiment de bien-être par exemple. Nous ne les aborderons pas dans cette revue et renvoyons le lecteur intéressé aux travaux de Shephard (1997), Paffenbarger et Lee (1996) ou Ruuskanen et Ruoppila (1995). Enfin, en conclusion, nous proposerons quelques pistes de réflexion concernant les axes de recherche à développer.

Cognition, activité physique, exercice, aptitude physique : définitions

Le terme de cognition fait référence d'une manière générale aux opérations utilisées dans le traitement de l'information par le système nerveux central (SNC). La cognition désigne des fonctions multiples incluant l'ensemble des connaissances ainsi que les processus qui permettent leur apprentissage et leur manipulation (mémoire, attention, abstraction, résolution de problème..., Weil-Barais, 2001).

L'activité physique est définie comme « tout mouvement du corps qui est produit par la contraction des muscles squelettiques et qui augmente substantiellement la dépense énergétique » (American College of Sports Medicine, ACSM, 2000, p.4). L'exercice représente une catégorie d'activité physique et « décrit les comportements physiquement actifs qui sont conduits de manière planifiée, structurée avec l'objectif de maintenir ou d'améliorer l'aptitude physique » (Etnier, sous presse, p.3). L'aptitude physique peut être définie

comme « un ensemble d'attributs que les gens ont ou atteignent, qui ont rapport à la capacité à réaliser une activité physique » (ACSM, 2000, p.4). L'aptitude physique inclue l'aptitude physique aérobie, l'aptitude physique anaérobie, la force et la résistance musculaires ainsi que la flexibilité et est déterminée par des facteurs génétiques et comportementaux (Boutcher, 2000).

En fonction de leur type, de leur fréquence et de leur intensité, l'activité physique et l'exercice sont donc des comportements qui peuvent avoir une influence sur une ou plusieurs composantes de l'aptitude physique. Dans la littérature sur l'activité physique et la cognition, la distinction entre activité physique et exercice n'est pas toujours très claire ; pour des raisons de clarté, nous les prendrons comme synonymes dans ce document. Nous verrons également que, pour des raisons théoriques, les recherches dans ce domaine se sont essentiellement intéressées à l'effet de l'aptitude physique aérobie sur la cognition.

De nombreux outils de mesure et de méthodes d'évaluation de l'activité physique et/ou de l'aptitude physique existent aujourd'hui (pour une revue, voir Dishman, sous presse). Nous allons aborder rapidement les deux méthodes d'évaluation les plus couramment utilisées par les études portant sur l'activité physique et le vieillissement cognitif (pour une présentation plus exhaustive, voir Vuillemin, 2004).

La méthode la plus employée pour évaluer et mesurer la quantité d'activité physique effectuée par un sujet sur une période donnée est le questionnaire d'activité physique. Plus d'une trentaine de questionnaires d'activité physique ont été développés ces trente dernières années (Pereira *et al.*, 1997). Chaque questionnaire diffère par la période de rappel, le mode, la durée d'administration, les dimensions de l'activité physique ou encore les échelles de mesure employées. Ces questionnaires permettent une évaluation indirecte de l'activité, basée sur les réponses des sujets. Bien que n'offrant pas de mesure directe de l'activité physique, ces questionnaires permettent d'évaluer et parfois même de quantifier de manière valide et objective l'activité ou l'inactivité physique des interviewés. Ceci permet ainsi de pouvoir classer les participants d'une étude en groupes d'actifs et d'inactifs. Il existe toutefois peu de questionnaires d'activité physique élaborés en langue française ou traduits en français (voir Vuillemin, 2004 ; Vuillemin, Denis, Guillemin, & Jeandel, 1998). Il faut noter également que les contraintes de construction, de validation et d'utilisation de ces questionnaires nécessitent d'être examinées précisément. Il convient notamment de s'assurer de la validité interne d'un questionnaire (sensibilité, fiabilité et reproductibilité) ainsi que de sa validation externe contre des mesures plus directes de la dépense énergétique. Nous renvoyons le lecteur intéressé aux revues critiques de Shephard (2003) en langue anglaise et Varray (soumis) en langue française.

La méthode la plus couramment employée pour évaluer l'aptitude physique aérobie est la mesure de la consommation maximale d'oxygène (ou O₂Max.). L'aptitude physique aérobie peut être précisément quantifiée lors de la réalisation d'un exercice physique continu et progressif sur un ergomètre, par la mise en place d'un protocole individualisé. Cette méthode permet l'obtention par un

protocole strict d'une mesure directe et précise de la consommation maximale d'oxygène d'une personne. Différents types d'ergomètres et de méthodologies de passation ont été développés pour évaluer l'aptitude physique aérobie, notamment chez la personne âgée (Caillaud & Simar, 2004 ; Simar & Malatesta, 2004).

Les études menées sont transversales, longitudinales ou interventionnistes

Lors des trois dernières décennies, un nombre grandissant d'études s'est intéressé à l'effet potentiellement bénéfique de l'activité physique sur le vieillissement des fonctions cognitives, en adoptant des logiques différentes (pour une revue, voir Chodzko-Zajko, 1991 ; Chodzko-Zajko & Moore, 1994 ; Churchill *et al.*, 2002 ; Dustman, Emmerson, & Shearer, 1994 ; Edward & Larson, 1992 ; Emery, Burker, & Blumenthal, 1991 ; Jeandel, 1995 ; Kramer, Hahn, & McAuley, 2000 ; McAuley, Kramer, & Colcombe, 2004 ; Spirduso, 1980 ; 1995 ; Tomporowski, 1997). Certaines ont pour objectif de comparer les performances de sujets âgés en fonction de leur implication dans des activités physiques régulières, alors que d'autres incluent dans cette comparaison des groupes d'adultes jeunes (études transversales). D'autres types d'étude ont examiné de manière longitudinale l'effet de la pratique physique sur le vieillissement de diverses fonctions ou structures (études transversales). Enfin un dernier type d'études s'est intéressé, chez la personne âgée, à l'impact de la reprise d'une activité physique sur l'évolution des performances (études interventionnistes). Nous allons aborder successivement ces trois types d'étude dans la suite de cette partie.

Les études transversales

Dans les études transversales, les populations de sujets étudiés sont divisées en groupes d'actifs et d'inactifs (sur la base des mesures vues précédemment) et les différences dans la performance cognitive sont examinées.

Dans une étude, devenue depuis classique, Spirduso (1975) a été la première à mettre en évidence une plus grande rapidité des personnes âgées pratiquant régulièrement un sport de balle sur leurs homologues inactifs dans des mesures de Temps de Réaction (TR) simples, de TR de choix ou de Temps de Mouvement (TM). Dans cette étude princeps, quatre groupes de 15 sujets étaient constitués sur la base de leur âge (jeunes : 20-30 ans / âgés : 50-70 ans) et de leur niveau d'activité physique (actifs / inactifs). Les groupes de participants actifs incluaient des hommes qui jouaient au squash, au racquetball ou au handball un minimum de 3 fois par semaine depuis 30 ans pour les participants âgés ou depuis 2 à 3 ans pour les participants jeunes. Les groupes de participants inactifs incluaient des hommes n'ayant jamais participé à quelque activité sportive que ce soit de manière régulière. La tâche des participants consistait à réagir le plus

rapidement possible à l'apparition d'un stimulus lumineux et à appuyer sur un interrupteur. Les résultats de cette étude ont montré que les participants actifs réagissaient plus rapidement à l'apparition du stimulus et exécutaient les mouvements d'appui sur l'interrupteur plus vite que leurs homologues inactifs. De plus, le bénéfice de l'activité physique sur les mesures de TR simple et de TM était plus important pour les participants âgés que pour les participants jeunes. L'auteur concluait que la vitesse des réponses des âgés actifs était plus comparable à celle des sujets jeunes actifs qu'à celle des sujets âgés inactifs et que la pratique physique plus que l'âge était responsable des différences observées.

Depuis, de nombreuses études se sont attachées à reproduire et à étendre ces résultats à d'autres types d'activité physique comme la marche, le golf, le jogging ou encore la natation et ont montré un effet significatif de l'activité physique ou de l'aptitude physique sur la performance cognitive des personnes âgées, exprimé notamment en terme de vitesse de la réponse : TR et TM (Abourezk & Toole, 1995 ; Baylor & Spirduso, 1988 ; Bunce, 2001a ; Bunce & Birdi, 1998 ; Clarkson-Smith & Hartley, 1989 ; 1990 ; Emery, Huppert & Schein, 1995 ; Era, Jokela & Heikkinen, 1986 ; Etnier, Sibley, Pomeroy, & Kao, 2003 ; Lupinacci, Rikli, Jones & Ross, 1993 ; Offenbach, Chodzko-Zajko, & Ringel, 1990 ; Spirduso & Clifford, 1978 ; Toole, Park, & Al-Ameer, 1993). Cet ensemble d'études semble montrer de manière consistante que la diminution de la vitesse de traitement de l'information qui caractérise généralement l'avancée en âge, peut être substantiellement réduite ou ralenti par la pratique régulière d'activités physiques.

De nombreuses études se sont également intéressées à certaines composantes du fonctionnement cognitif comme la mémoire (Chodzko-Zajko, Schuler, Solomon, Heinl, & Ellis, 1992 ; James & Coyle, 1998), l'intelligence ou le raisonnement (Clarkson-Smith & Hartley, 1989 ; 1990 ; Christensen *et al.*, 1996 ; Powell & Pohndorf, 1971 ; van Boxtel, Langerak, Houx, & Jolles, 1996), les capacités visuo-spatiales (Shay & Roth, 1992, Stones & Kozma, 1989), la vigilance (Bunce, 2001b ; Bunce, Barrowclough, & Morris, 1996) ou l'apprentissage (Etnier & Landers, 1997 ; 1998 ; Etnier, Romero, & Traustadottir, 2001). Dans l'ensemble, à de rares exceptions près (Powell & Pohndorf, 1971 et Salthouse, Kausler, & Saults, 1990), les résultats de ces études attestent d'un effet significatif de l'activité physique et/ou de l'aptitude physique sur les performances cognitives de nos aînés. Clarkson-Smith et Hartley (1989) ont ainsi montré que des personnes âgées qui pratiquaient régulièrement une ou des activités physiques (en moyenne 5,6 h par semaine d'exercice vigoureux) obtenaient des scores significativement supérieurs à ceux de leurs homologues inactifs dans des mesures de raisonnement et de mémoire de travail. Par exemple, les participants physiquement très actifs démontraient des capacités d'analogie, de résolution de problème ou encore de logique meilleures que les participants moins actifs. Ces différences persistaient après avoir statistiquement contrôlé d'autres variables telles que l'âge, l'éducation ou la santé, suggérant que l'activité physique était responsable de ces différences. De même, James et Coyle (1998) ont comparé les performan-

ces de 60 hommes âgés de 59 à 66 ans, rigoureusement appariés selon leur quotient intellectuel (QI), leur santé et leur statut socio-économique, lors d'une tâche de rappel d'une liste de 12 mots de 5 à 7 lettres. La moitié de ces hommes était considérée comme physiquement active et pratiquait des activités physiques de type aérobie (natation, marche, golf) au moins deux fois par semaine. L'autre moitié ne pratiquait aucune activité physique et était définie comme sédentaire. Les résultats de leur étude ont révélé que les sujets actifs rappelaient 2 fois plus de mots (8,10 mots) que les sujets inactifs (4,03 mots). Il apparaît ainsi, qu'au-delà de la vitesse comportementale (réflétée par les mesures de TR et de TM), la pratique régulière d'activités physiques semble avoir un impact significatif sur le vieillissement des fonctions cognitives supérieures, reflétant l'intelligence fluide (diPietro, Seeman, Merrill, & Berkman, 1996 ; Etnier & Landers, 1997 ; van Boxtel *et al.*, 1997 ; Wood, Reyes-Alvarez, Maraj, Metoyer, & Welsch, 1999). L'intelligence fluide est un terme générique utilisé pour désigner les capacités de résolution de problème, d'abstraction et d'apprentissage. Selon le modèle de Horn et Cattell (1967), l'intelligence fluide se distingue de l'intelligence cristallisée, qui représente l'ensemble des connaissances et des expériences acquises au cours de la vie (compréhension verbale, relations sociales, connaissance en vocabulaire...). Il a été démontré que l'avancée en âge a un impact négatif sur la performance aux tests mesurant l'intelligence fluide mais qu'elle n'a pas d'effet ou même qu'elle a un effet positif sur les tests d'intelligence cristallisée (Etnier & Landers, 1997). La pratique régulière d'activité physique entraînerait une préservation ou une amélioration de l'intelligence fluide, sensible aux effets du vieillissement, mais n'aurait pas d'impact sur la composante d'intelligence cristallisée des personnes âgées (Antsey & Smith, 1999 ; Etnier & Landers, 1997).

La conclusion générale qui ressort des résultats des études transversales est que les déclins que l'on observe généralement avec l'avancée en âge dans les mesures de traitement de l'information, de raisonnement ou de mémoire de travail peuvent être réduits par un style de vie physiquement actif. Il faut toutefois noter que, si ce type d'études nous apporte des informations précieuses et convaincantes sur la relation qui existe entre l'activité physique et le vieillissement cognitif, il comporte toutefois certains inconvénients. Premièrement, il est difficile de séparer les effets dus à l'activité physique sur le fonctionnement cognitif d'autres facteurs difficilement contrôlables, comme le statut social, le niveau cognitif de base ou le niveau d'éducation (Rikli & Jones, 1995). Si de plus en plus, les études transversales dans ce domaine s'attachent à contrôler (statistiquement ou expérimentalement) ces « variables parasites », toutes ne l'ont pas fait ou ne le font pas. Deuxièmement, dans ce genre d'études, il n'est pas possible d'établir un lien de causalité entre l'activité physique et la cognition. Ainsi, les performances supérieures des participants actifs comparativement aux inactifs pourraient en fait refléter une auto-sélection des individus ayant le plus d'aptitude pour participer à une activité physique régulière (Churchill *et al.*, 2002 ; Jeandel, 1995).

Les études longitudinales et les études d'intervention

Afin de résoudre ce problème de causalité, il est possible d'examiner l'évolution des performances cognitives des personnes étudiées de manière intra-sujets sur une très longue période de temps. Compte tenu de la longueur et des difficultés inhérentes au protocole expérimental, peu d'études ont utilisé cette méthodologie longitudinale dans la problématique qui nous intéresse. Les études menées ont majoritairement montré une association entre la pratique régulière d'activité physique ou l'aptitude physique aérobie et la préservation des fonctions cognitives chez des personnes âgées de 65 ans et plus sur des périodes allant de 3 à 8 ans (Albert *et al.*, 1995 ; Barnes, Yaffe, Satariano, & Tager, 2003 ; Laurin, Verreault, Lindsay, MacPherson, & Rockwood, 2001 ; Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui, & Kovinsky, 2001). Par exemple, Yaffe *et al.* ont examiné l'évolution du fonctionnement cognitif (mesuré par une version réduite du Mini-Mental State Examination : MMSE, dont le maximum de points dans cette version était de 26) de 5925 femmes âgées de 65 ans et plus sur une étude longitudinale de 6 à 8 ans en fonction de leur niveau de pratique régulière d'activité physique (mesuré par la distance de marche parcourue chaque jour et un questionnaire évaluant le taux d'activité physique). Ces auteurs ont montré que les femmes qui marchaient moins de 1,12 km/semaine et/ou dépensaient moins de 336 kcal/semaine lors d'activités physiques révélaient un déclin cognitif (défini comme une diminution d'au moins 3 points sur l'échelle du MMSE entre le pré-test et le post-test) de 24 %. En revanche, les femmes qui marchaient en moyenne 28 km/semaine et/ou dépensaient en moyenne 3469 kcal/semaine démontraient un déclin cognitif de seulement 16,6 %. Yaffe *et al.* concluaient que l'activité physique, même modérée, était associée à un risque significativement plus faible de déclin cognitif chez la femme âgée. Ces résultats permettent ainsi de suggérer une relation causale entre l'activité physique et les performances cognitives chez la personne âgée.

Une autre méthode utilisée par les chercheurs afin de contrôler le lien de causalité, consiste à étudier l'effet d'un programme d'entraînement physique sur les performances cognitives de personnes âgées auparavant sédentaires. L'objectif ici est de comparer les performances des participants avant et après un programme d'entraînement de durée variable selon les études, allant de 2 mois à 3 ans. Avec ce type de protocole, les résultats des études disponibles sont beaucoup plus contrastés que ceux des études transversales. Dans une des premières études de ce genre, Dustman *et al.* (1984) ont assigné aléatoirement 43 adultes sédentaires âgés de 55 à 70 ans à trois groupes différents (un groupe pratiquant des exercices de type aérobie, un groupe pratiquant des exercices de force et de flexibilité et un groupe contrôle ne pratiquant aucun exercice physique). Ils ont ensuite examiné les changements dans la performance cognitive des participants mesurée par une batterie de tests, après 4 mois d'entraînement. Ces tests comprenaient des tâches de TR simple et de TR de choix, le test du Code de l'échelle d'intelligence de Wechsler (mesurant la vitesse de traitement, la mémoire à court terme et la perception visuelle), la tâche d'interférence de Stroop, des mesures de l'intelligence cristallisée et d'empan de chiffres. Les résultats de leur étude ont montré que les participants au groupe d'exercices aérobie et ceux du groupe force/flexibilité avaient

augmenté leur capacité aérobie de 27 % et 11 % respectivement. Parallèlement, les participants de ces groupes démontraient une amélioration significative de leur performance générale aux tests cognitifs, notamment pour les mesures de TR, du Code et de flexibilité mentale et d'inhibition (tâche de Stroop) reflétant l'intelligence fluide. Cette amélioration était toutefois bien plus importante pour le groupe « aérobie » que pour le groupe « force/flexibilité » ; alors que les performances cognitives des participants du groupe « contrôle » restaient stables. Les auteurs concluaient qu'un programme d'activités physiques de type aérobie pouvait entraîner des améliorations significatives dans certains aspects du fonctionnement cognitif. Un certain nombre d'études viennent confirmer et étendre ces résultats à diverses mesures du fonctionnement cognitif de nos aînés incluant la mémoire et l'intelligence fluide (Fabre, Chamari, Mucci, Massé-Biron, & Prémfaut, 2002 ; Hassmen, Ceci, & Backman, 1992 ; Williams & Lord, 1997), le TR (Hawkins, Kramer, & Capaldi, 1992 ; Kramer *et al.*, 2002 ; Rikli & Edwards, 1991 ; Williams & Lord, 1997) ou encore les fonctions exécutives (Colcombe *et al.*, 2004 ; Kramer *et al.*, 1999 ; Kramer *et al.*, 2002). Fabre, *et al.* par exemple, ont examiné l'influence d'un programme d'entraînement physique, d'un programme d'entraînement mental (entraînement de la mémoire selon la méthode Israel) ou de ces deux programmes combinés, durant deux mois, sur l'amélioration des performances mnésiques de personnes sédentaires âgées de 60 à 76 ans. Les résultats de leur étude ont montré que le *quotient de mémoire* (mesuré par l'échelle clinique de mémoire de Wechsler) des participants aux 3 groupes d'entraînement s'était amélioré alors que celui du groupe contrôle n'avait pas varié. Plus précisément, les participants du groupe entraînement physique avaient amélioré leur performance mnésique dans la même mesure que ceux du groupe entraînement mental. Ce résultat, assez singulier, suggèrerait que les capacités mnésiques des personnes âgées pourraient être améliorées par la seule pratique d'activité physique, dans les mêmes proportions que par un entraînement mental spécifiquement conçu pour cet objectif. Les meilleurs résultats étaient cependant atteints par les participants du groupe combinant entraînement physique et entraînement mental. Cet ensemble d'études d'intervention semble ainsi apporter de solides arguments en faveur de l'hypothèse d'un lien direct entre l'aptitude physique aérobie et le vieillissement cognitif.

Il faut noter toutefois qu'un certain nombre d'études n'a pas pu révéler d'amélioration des performances cognitives chez des personnes âgées, alors que leur aptitude physique s'était améliorée significativement sur la même période, suite à un programme d'exercices physiques. Blumenthal et collaborateurs (Blumenthal *et al.*, 1989 ; Blumenthal *et al.*, 1991 ; Blumenthal & Madden, 1988 ; Madden, Blumenthal, Allen, & Emery, 1989) ont examiné cette question à travers une série d'études dans laquelle des sujets moyennement âgés et âgés participaient soit à des entraînements aérobie, soit à des séances de yoga ou de développement musculaire, soit à un groupe contrôle n'effectuant aucune activité physique. La durée des programmes d'entraînement allait de 12 semaines à 14 mois selon les études et les auteurs examinaient l'évolution des performances des participants à travers différents tests neuropsychologiques. Malgré une augmentation significative de la O₂Max. des participants aux groupes d'entraî-

nement aérobio (de 10,5 à 15 % selon les études), aucune amélioration dans des mesures de TR, d'empan mnésique, de mémoire de travail et de mémoire à long terme, de fluidité verbale, d'inhibition ou d'habileté perceptivo-motrice n'a pu être révélée. Les auteurs concluaient qu'aucune preuve empirique ne permettait de supporter l'hypothèse qu'une amélioration de l'aptitude physique cardio-vasculaire résultait en une amélioration de la performance cognitive. Plusieurs autres études, ayant utilisé la même méthodologie expérimentale, vont dans le même sens que la conclusion de Blumenthal et collaborateurs et modèlent ainsi l'hypothèse d'un lien direct entre activité physique ou aptitude physique aérobio et fonctionnement cognitif (Normand, Kerr, & Métivier, 1987 ; Paillard *et al.*, 2001 ; Panton, Graves, Pollock, Hagberg, & Chen, 1990).

Un certain nombre de facteurs peut expliquer les résultats contradictoires des études que nous venons de détailler et permettre de comprendre ces divergences. Dans la prochaine partie de cet article nous verrons que plusieurs facteurs influencent ou modulent la relation qui peut exister entre l'aptitude physique et la performance cognitive. Cependant, en restant dans le cadre des études interventionnistes, une des explications majeures qui permet de comprendre ces résultats contradictoires semble être d'ordre méthodologique. Premièrement, la grande hétérogénéité des tests mesurant le fonctionnement cognitif utilisés rend difficile la comparaison de ces études et peut expliquer les différences observées. Deuxièmement, le postulat de ces études réside dans le fait qu'une meilleure aptitude physique aérobio engendrerait de meilleures performances cognitives. L'amélioration de l'aptitude physique de personnes auparavant sédentaires devrait donc entraîner une amélioration de leur fonctionnement cognitif. La durée des programmes d'entraînement physique, variable selon les études, ainsi que le nombre de séances par semaine pourraient expliquer les résultats contradictoires (Rikli & Edwards, 1991 ; Hill, Storandt & Malley, 1993). Ainsi on s'aperçoit que les études qui ont montré un effet bénéfique d'un programme d'activité physique sur le fonctionnement cognitif des personnes âgées sont souvent les plus longues et celles où l'amélioration de O₂Max. était la plus importante. De plus, la forme (continue vs. intermittent) et l'intensité (standardisée vs. personnalisée) des programmes d'activité physique semblent avoir une importance et doivent être pris en compte (Fabre *et al.*, 2002 ; Fabre, Massé-Biron, Ahmaïdi, Adams & Préfaut, 1997). D'autre part, même pour les études les plus longues, il n'est pas sûr que les participants aient pu atteindre le même niveau de forme physique que des personnes qui pratiquent régulièrement une activité physique depuis de longues années.

Résumé et conclusion

En conclusion de cette présentation, il ressort que les résultats de ces différents types d'études sont plus ou moins consistants en fonction de la méthodologie utilisée. L'accumulation des résultats significatifs issus de recherches de différents types nous amène cependant à conclure qu'il y a bien une relation positive entre l'activité physique et le fonctionnement cognitif des personnes âgées. Ces

résultats expérimentaux sont confortés par des études ayant utilisé des techniques méta-analytiques. Par exemple, une méta-analyse (Etnier *et al.*, 1997) portant sur 176 études examinant l'influence de l'activité physique sur la performance cognitive a révélé que l'activité physique améliore le fonctionnement cognitif de 0,25 écart-type. En d'autres termes, cela signifie que sur l'ensemble des études examinées, les participants pratiquant régulièrement des activités physiques ont des performances cognitives supérieures de 0,25 écart-type à celles des participants sédentaires. Ces résultats sont appuyés par ceux de Colcombe et Kramer (2003) qui ont utilisé des techniques méta-analytiques pour examiner les résultats de 18 études rigoureusement sélectionnées, portant sur l'effet d'un programme d'activité physique sur la cognition des personnes âgées. Les résultats de leur revue ont indiqué que les adultes âgés qui avaient participé à un programme conçu pour améliorer leur niveau de forme physique amélioraient leur performance cognitive de presque un demi écart-type.

Les facteurs qui modulent la relation entre l'activité physique et la cognition

Comme nous l'avons esquissé, la relation entre l'activité physique et le vieillissement cognitif ne semble pas être générale mais dépendante de certaines tâches ou de certains facteurs. Ces dernières années, une attention particulière a été portée sur la nature des tâches utilisées pour étudier le fonctionnement cognitif en liaison avec la problématique de l'activité physique (Chodzko-Zajko & Moore, 1994 ; Kramer *et al.*, 1999 ; 2002). Plusieurs facteurs peuvent influencer l'amplitude des effets de l'âge et de l'activité physique sur la cognition. Ils incluent des facteurs liés à la tâche elle-même, comme la contrainte temporelle, la complexité de la tâche ou la nature des fonctions cognitives sollicitées, et des facteurs liés aux sujets, comme l'âge chronologique ou le niveau d'aptitude physique.

Les facteurs liés à la tâche

La contrainte temporelle

Comme nous l'avons mentionné en introduction, le ralentissement du comportement est certainement le plus évident et le plus documenté des changements associés à l'avancée en âge (Salthouse, 1991 ; 1996). Au-delà de discriminer les adultes jeunes et âgés, les tâches qui évaluent la vitesse du comportement par des mesures de TR ou de TM semblent être également fortement sensibles aux différences de niveau d'aptitude physique. Comme nous l'avons vu, un très grand nombre d'études examinant les temps de réponse a rapporté des différences significatives entre adultes âgés actifs et adultes âgés inactifs, avec de très rares exceptions à cette règle (Bunce, Warr, & Cochrane, 1993 ; Salthouse, Kausler, & Saults, 1990). Kramer *et al.* (2002) ont évalué l'impact d'un programme d'activités physiques de type aérobie durant 6 mois sur l'évolution des

performances de sujets âgés de 60 à 75 ans mesurées par une batterie de 15 tests neuropsychologiques différents évaluant l'empan mnésique et la mémoire de travail, l'apprentissage verbal et sensori-moteur, les capacités d'inhibition, d'attention et de recherche visuelle. Dans la discussion de leur article, ces auteurs ont rapporté que les effets de l'activité physique étaient beaucoup plus prononcés pour les tâches mesurant la vitesse des réponses que pour les tâches mesurant la précision des réponses. Ils notaient par exemple que l'effet bénéfique du programme d'activités physiques était particulièrement robuste lorsque la tâche demandée aux sujets était mesurée par des temps de réaction, mais pas lorsque les sujets devaient répondre de manière correcte et précise sans contrainte de temps. Ils concluaient que le bénéfice de l'amélioration de l'aptitude physique s'observait principalement dans les conditions où la vitesse des réponses était exigée (voir également Chodzko-Zajko & Moore, 1994).

La complexité de la tâche

Le vieillissement de l'individu se caractérise par une diminution de l'efficacité et de la rapidité des processus cognitifs. Cette diminution est d'autant plus importante que la tâche à réaliser est complexe (Cerella, Poon, & Williams, 1980 ; Hale, Myerson, & Wagstaff, 1987). Ainsi, typiquement, les différences entre adultes jeunes et adultes âgés sont amplifiées par l'augmentation de la complexité de la tâche à réaliser. L'effet de la complexité de la tâche semble être également sensible aux différences dans le niveau d'aptitude physique (Chodzko-Zajko, 1991 ; Chodzko-Zajko & Moore, 1994) et pourrait expliquer certains des résultats contradictoires que nous avons relevés plus haut. Un certain nombre de chercheurs a proposé de porter une plus grande attention à la nature et à la complexité des tâches utilisées pour l'évaluation des performances cognitives afin de comprendre l'implication précise de l'activité physique dans ce domaine. Abourezk et Toole (1995) par exemple, ont étudié, chez des femmes âgées de 60 à 75 ans, l'effet de la pratique régulière d'activité physique de type aérobie pendant plusieurs années sur deux mesures de TR, différent par leur degré de complexité. Dans une condition, les participantes devaient réagir le plus rapidement possible à l'apparition d'un stimulus unique (TR simple). Dans une autre condition (TR de choix complexe), dans laquelle l'appariement stimulus-réponse était incompatible, les participantes devaient réagir à l'apparition d'un stimulus parmi 4 différents en relâchant l'interrupteur associé selon une règle pré-établie. Les résultats de leur étude ont révélé que les femmes actives avaient des performances significativement supérieures à celles des femmes moins actives dans la tâche de TR de choix complexe, mais pas lors de la tâche plus facile de TR simple. Plusieurs autres études rapportent des résultats similaires et montrent que le bénéfice de l'activité physique sur les performances cognitives des personnes âgées est plus important dans des conditions où la tâche est complexe (Bunce, 2001b ; Bunce & Birdi, 1998 ; Clarkson-Smith & Hartley, 1989 ; Rikli & Edwards, 1991). Il apparaît ainsi que les tâches qui sont bien connues pour favoriser le plus les différences entre jeunes et âgés sont également celles qui favorisent le plus les différences entre sujets physiquement actifs et inactifs.

Dans une perspective similaire, Chodzko-Zajko (Chodzko-Zajko, 1991 ; Chodzko-Zajko & Moore, 1994) propose que la relation entre l'activité physique et la cognition ne soit pas générale mais dépendante de la tâche. Cette idée s'appuie sur le modèle de Hasher et Zacks (1979), qui propose de voir les processus cognitifs comme distribués le long d'un continuum allant d'un traitement automatique à un traitement coûteux en attention, en fonction de la nouveauté ou de la complexité de la tâche à réaliser. Ainsi, les effets de l'activité physique ou de l'aptitude physique seraient plus sensibles pour les tâches nouvelles ou complexes, requérant des traitements « attentionnellement » coûteux que pour des tâches qui sont plus simples ou automatiques. Plusieurs études apportent un support empirique à cette proposition (Bunce, 2001b ; Bunce *et al.*, 1996 ; Bunce *et al.*, 1993 ; Chodzko-Zajko *et al.*, 1992 ; Hawkins *et al.*, 1992 ; van Boxtel *et al.*, 1997). Par exemple, Chodzko-Zajko *et al.* (1992) ont montré des différences significatives entre des adultes âgés à haut et bas niveau d'aptitude physique (mesurée par une batterie de tests physiologiques) lors d'une tâche de rappel libre attentionnellement coûteuse, mais pas de différence lors de deux tâches évaluant la mémoire de reconnaissance considérée comme plus simple et fortement automatisée. Les participants à haut niveau d'aptitude physique montraient de meilleurs scores de rappel libre (= 29 : nombre total d'items rappelés) que leurs homologues sédentaires (= 19), mais aucune différence n'apparaissait pour les tâches plus simples de mémoire de reconnaissance.

Il semble ainsi que la complexité de la tâche puisse être un facteur important dans la détermination de l'amplitude de la relation entre l'activité physique et la performance cognitive des personnes âgées. Il faut noter toutefois qu'un certain nombre d'études n'a pas pu révéler cet effet plus important de l'activité physique ou de l'aptitude physique pour des tâches complexes sensées requérir des traitements coûteux (Baylor & Spirduso, 1988 ; Bunce, 2001a ; Lupinacci *et al.*, 1993 ; Offenbach *et al.*, 1990 ; Toole *et al.*, 1993). Par exemple, Toole *et al.* ont utilisé la tâche de TR de Sternberg pour examiner les différences dans la vitesse de réaction de sujets âgés de plus de 60 ans en fonction de leur niveau d'activité physique et de leur aptitude physique aérobie (O_2 Max.). Cette tâche avait différents niveaux de complexité, en fonction du nombre de stimuli présentés (de 1 à 6). Bien que les participants les plus actifs démontrent des TR significativement plus courts que ceux de leurs homologues moins actifs, les auteurs n'ont pu révéler que ces différences en fonction de l'activité physique et du niveau d'aptitude physique étaient amplifiées par l'augmentation de la complexité de la tâche. Les conclusions en faveur d'un effet de la complexité de la tâche comme facteur modulant la relation entre l'activité physique et le vieillissement cognitif semblent donc quelque peu mitigées.

Les fonctions exécutives

Dans les années 1990, un regain d'intérêt dans le champ de la psychologie cognitive et du vieillissement s'est porté sur l'étude des fonctions exécutives (Kramer *et al.*, 2002). Ce regain d'intérêt reposait en partie sur le constat que ni les fonctions cognitives, ni les structures cérébrales ne déclinent de manière uniforme au cours du vieillissement (Meyer, Glass, Mueller, Seymour, & Kieras,

2001 ; Kramer, Hahn, & Gopher, 1999). De nombreux et disproportionnés déficits dus à l'âge ont été rapportés pour des tâches requérant de stocker et de manipuler de l'information en mémoire de travail, de passer rapidement d'une tâche à une autre, de coordonner les processus responsables de la perception, la mémoire et l'action, ou encore d'inhiber une réponse préparée (Kramer, Hahn & McAuley, 2000). Toutes ces habiletés sont dépendantes des processus de contrôle exécutif. Et ces fonctions exécutives sont supportées en large part par les régions frontales et pré-frontales du cerveau, régions qui sont particulièrement vulnérables au déficit de flux sanguin avec l'avancée en âge (Hall, Smith & Keele, 2001 ; West, 1996). De nombreux auteurs s'accordent aujourd'hui pour dire que l'effet de l'activité physique ou de l'aptitude physique aérobie serait particulièrement important voire spécifique aux fonctions cognitives dépendantes de ces aires frontales, par une amélioration du flux sanguin dans ces régions (Colcombe & Kramer, 2003 ; Colcombe *et al.*, 2004 ; Hall *et al.*, 2001 ; Kramer *et al.*, 1999 ; Kramer *et al.*, 2002 ; McAuley, Kramer & Colcombe, 2004). Kramer *et al.* (1999) par exemple, ont évalué l'évolution des performances cognitives de 124 adultes sédentaires âgés de 60 à 75 ans, après avoir participé à un programme d'exercice aérobie (marche) ou un programme d'étirements durant 6 mois. Les performances cognitives des participants étaient évaluées par des tâches de TR dont certaines nécessitaient l'implication des fonctions exécutives (tâche d'alternance, tâche de compatibilité de réponse, tâche d'inhibition) alors que d'autres non (même tâches de TR mais n'impliquant pas ou moins les fonctions exécutives). Les résultats de leur étude ont montré une amélioration significative des performances cognitives pour les seuls participants du groupe « aérobie » (concomitante à une amélioration de O₂Max. de 5,1 %) et seulement dans les conditions dépendant des processus de contrôle exécutif. Ces auteurs concluaient que la nature sélective de cette amélioration cognitive produite par un programme d'exercice aérobie pourrait expliquer les résultats contradictoires de certaines études précédemment menées. Apportant un support supplémentaire à ces résultats, la mété-analyse conduite par Colcombe et Kramer (2003) a révélé que l'activité physique avait un effet plus important sur les fonctions exécutives que sur tous les autres types de processus cognitifs.

L'âge

Une question encore controversée consiste à déterminer si l'activité physique a une influence sur le fonctionnement cognitif quel que soit l'âge ou si ses effets deviennent apparents quand les gens sont âgés. Si l'ambition du chercheur est de démontrer que l'activité physique joue un rôle sur le processus de vieillissement lui-même, il est alors important de résoudre cette question.

Stones et Kozma (1988 ; Kozma, Stones & Hannah, 1991) ont suggéré et testé deux modèles théoriques pour expliquer la relation entre l'activité physique, les mesures de performance cognitive et l'âge. Dans leur modèle "TOPE" (Tonic and Overpractice Effect Model), ils proposent que les effets de l'âge

chronologique et de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif soient essentiellement indépendants. En d'autres termes, l'effet de l'activité physique serait le même pour des adultes jeunes et âgés. A l'opposé, leur "Modèle Modérateur" suggère que l'activité physique régulière influence les performances cognitives en modifiant « la vitesse » à laquelle les individus vieillissent. Ce modèle est plus provocant que le premier dans le sens où il prédit que l'activité physique modère les effets du vieillissement. Pour ces auteurs, « Ce modèle s'appuie sur la notion que l'exercice régulier au cours de la vie repousse ou même arrête les changements dus à l'âge dans les processus qui sous-tendent les capacités de performance ; l'exercice, par conséquent, pourrait modérer les changements liés à l'âge. » (Stones & Kozma, 1988, p 276). Ce modèle propose que les effets de l'âge et de l'activité physique interagissent. L'idée générale est que les effets de l'activité physique sont plus importants pour les personnes âgées que pour les jeunes, ou même limités aux seuls âgés parce qu'ils retardent ou stoppent les effets « délétères » dus au vieillissement normal. Pour leur part, les résultats de l'étude de Kozma, Stones et Hannah, portant sur plus de 6000 personnes âgées de 20 à 69 ans, plaident plus en faveur du premier modèle (TOPE) que du second (Modèle Modérateur).

Les études menées à ce jour ne permettent toutefois pas de conclure définitivement en faveur de l'un ou de l'autre de ces modèles. Si une interaction significative entre l'âge et l'aptitude physique ou l'activité physique a été rapportée par de nombreuses études, au moins autant d'études n'ont pas pu montrer que l'amplitude de l'effet de l'aptitude physique variait en fonction de l'âge. Il faut toutefois noter que les méta-analyses conduites par Etnier *et al.* (1997) et Colcombe et Kramer (2003) ont montré que l'influence de l'activité physique sur la performance cognitive était plus élevée lorsque les auteurs examinaient des études portant sur des participants âgés que lorsque l'âge n'était pas pris en compte ou lorsque les études portaient sur des adultes plus jeunes.

Par ailleurs, nous n'avons que peu d'information sur le caractère continu ou discontinu de la relation entre activité physique et cognition tout au long des différents âges de la vie et les conclusions semblent partagées. Une méta-analyse de Sibley et Etnier (2003) conclue que l'activité physique a un effet significatif sur le fonctionnement cognitif d'enfants de niveau élémentaire à fin de secondaire. Toutefois, les résultats de la méta-analyse conduite par Etnier *et al.* (1997) sur des études incluant des participants de 6 à 90 ans montrent que la relation entre activité physique, cognition et âge n'est pas continue, ni clairement interprétable.

Bien que de nombreux problèmes méthodologiques rendent difficile une réponse précise à cette question (absence de critère clair et communément adopté pour la séparation des sujets jeunes et âgés en groupes à haut et bas niveau d'aptitude physique ; grande variabilité des tâches cognitives utilisées ; nombre très élevé d'études n'incluant pas de groupes de participants jeunes...), il semble plausible que l'effet de l'activité physique a un impact plus important sur les performances cognitives des adultes âgés que sur celles des adultes jeunes.

Le niveau d'aptitude physique aérobie

La grande majorité des études examinant l'impact de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif des adultes âgés a centré son intérêt sur les activités physiques de type aérobie. Cet intérêt est sans aucun doute principalement dû à la popularité de l'hypothèse de l'aptitude physique aérobie ou cardio-vasculaire comme responsable de ces bénéfices, que nous développerons dans la prochaine partie de ce document (voir V.3). Appliquée au domaine de la cognition, cette hypothèse suggère que l'augmentation de l'aptitude physique cardiovasculaire associée à la pratique d'activités physiques de type aérobie sert de médiateur aux changements dans la performance cognitive. Il semble alors logique de penser que plus les différences entre groupes dans le niveau d'aptitude physique sont grandes, plus les différences dans la performance cognitive devraient être importantes. Si les résultats de certaines études interventionnistes semblent effectivement montrer que l'effet d'un programme d'activités physiques sur la performance cognitive est plus important lorsque l'amélioration de $O_2\text{Max}$. est importante (Dustman *et al.*, 1984), que lorsqu'elle est plus faible (Blumenthal & Madden, 1988), d'autres études (Kramer *et al.*, 1999) ont montré qu'une amélioration de seulement 5 % de $O_2\text{Max}$. était suffisante pour induire une amélioration significative dans certains aspects du fonctionnement cognitif. A ce jour, il ne semble pas formellement établi si un seuil minimum est nécessaire pour entraîner des bénéfices cognitifs ou si l'amélioration de la performance cognitive est proportionnelle au gain en $O_2\text{Max}$. Ce problème est encore compliqué par la grande variété de méthodologies utilisées pour mesurer la performance cognitive, rendant difficile la comparaison directe des études (Chodzko-Zajko & Moore, 1994).

Apportant une alternative à ce constat, il nous paraît important de souligner que la majorité des études interventionnistes menées ont montré que l'amélioration des performances cognitives de sujets âgés auparavant sédentaires était plus importante ou même sélective aux participants ayant amélioré leur $O_2\text{Max}$. (Colcombe *et al.*, 2004 ; Kramer *et al.*, 1999 ; 2002). Un facteur important dans la relation entre activité physique et fonctionnement cognitif semble donc être le niveau d'aptitude physique aérobie des personnes âgées. Mais ce facteur n'est probablement pas le seul. Colcombe et Kramer (2003), dans leur méta-analyse, ont montré que des participants âgés engagés dans un entraînement combinant exercices augmentant les capacités aérobies et exercices augmentant la force, amélioraient plus leurs performances lors de tests mesurant la cognition que des participants engagés dans un entraînement impliquant seulement des exercices de type aérobie.

Les mécanismes explicatifs

Les mécanismes hypothétiques sous-tendant la relation entre l'activité physique et/ou l'aptitude physique et le fonctionnement cognitif des personnes âgées ne sont pas très bien connus ni encore formellement établis (Boutcher,

2000 ; Chodzko-Zajko & Moore, 1994 ; McAuley *et al.*, 2004 ; Spirduso, 1980 ; 1995). Certaines hypothèses ont été avancées, que nous allons maintenant examiner.

L'hypothèse de l'efficience neurale

L'hypothèse de l'efficience neurale examine la relation entre l'activité physique et l'efficacité du traitement de l'information par le SNC (Chodzko-Zajko & Moore, 1994). Les recherches menées dans le cadre de l'électroencéphalographie (EEG, potentiels évoqués) offrent une fenêtre indirecte sur l'intégrité du fonctionnement du SNC. Il est aujourd'hui bien établi que l'avancée en âge s'accompagne d'importants changements dans les réponses électrophysiologiques du système nerveux. Les personnes âgées, par exemple, montrent une diminution de certaines fréquences EEG par rapport à des adultes jeunes ainsi que des changements dans les potentiels évoqués auditifs, visuels ou somesthésiques (Dustman, Emmerson, & Shearer, 1996). Les potentiels évoqués sont des réponses électriques des voies nerveuses et du cerveau qui se produisent à la suite d'une stimulation sensorielle. Il s'agit d'une succession d'ondes dont la latence d'apparition mesure le temps que met une stimulation sensorielle pour être captée par un récepteur et le délai de sa transmission jusqu'au cerveau. Ces changements reflèteraient le ralentissement et la diminution de l'efficacité du fonctionnement du système nerveux au cours du vieillissement. Plusieurs études ont examiné l'effet de la pratique d'activités physiques sur le vieillissement cognitif en utilisant ces méthodologies (Dustman *et al.*, 1990 ; Hilman, Weiss, Hagberg, & Hatfield, 2002 ; McDowell, Kerick, Santa Maria, & Hatfield, 2003) et suggèrent que l'aptitude physique soit associée à un traitement du SNC plus efficient. L'ambition de ces études est de montrer que l'effet de l'activité physique se retrouve à un niveau *central* et à une base neurophysiologique, au-delà de la réponse *périphérique* liée à la composante motrice d'une réponse. Un mécanisme explicatif de la relation entre l'activité physique et la cognition pourrait ainsi être qu'un haut niveau d'aptitude physique s'accompagne d'une réduction de l'amplitude des changements liés à l'âge dans les mesures électrophysiologiques du fonctionnement nerveux, par des changements structurels et fonctionnels du SNC lui-même (Hilman *et al.*, 2002). Les personnes âgées en bonne forme physique traiteraient alors l'information cognitive plus rapidement et plus efficacement que les personnes ne pratiquant pas d'activité physique.

L'hypothèse trophique

La théorie trophique postule une influence trophique (ou nutritive) de l'activité physique sur la fonction synaptique et/ou neuronale (Churchill *et al.*, 2002 ; Jeandel, 1995). A la base, cette théorie repose sur l'expérimentation animale. Les animaux soumis à l'enrichissement de leur environnement et à des expériences complexes (notamment des activités physiques) développent des connexions synaptiques plus nombreuses que les animaux non soumis à un tel environnement. L'activité physique n'aurait pas qu'une influence trophique sur les mus-

cles activés mais également sur les structures du SNC responsables de cette activité et concourrait au développement des connexions synaptiques (Gomez-Pinilla, So & Kesslak, 1998 ; van Praag, Christie, Sejnowski & Gage, 1999) et de la plasticité cérébrale (Cotman & Berchtold, 2002). Cette théorie n'a néanmoins reçu que peu de preuves empiriques et essentiellement issues d'expérimentations animales (pour une revue, voir Cotman & Berchtold, 2002 ; Spirduso, 1980, 1995). Toutefois, une étude récente apporte une tentative de validation à cette hypothèse chez l'homme. Colcombe *et al.* (2003) ont en effet examiné la relation entre l'aptitude physique aérobie et la densité du tissu cérébral (notamment la densité de la substance blanche et de la substance grise) chez 55 adultes âgés de 55 à 79 ans. Les résultats de leur étude ont confirmé la diminution avec l'âge de la densité du tissu cérébral dans les cortex frontal, pariétal et temporal. Plus important pour notre propos, leurs résultats ont montré que les adultes âgés qui avaient un plus haut niveau d'aptitude physique aérobie révélaient significativement moins de perte de substance grise et blanche dans ces régions que leurs homologues à bas niveau d'aptitude physique aérobie. Ces résultats apportent ainsi un support biologique important pour expliquer les bénéfices de l'activité physique sur le vieillissement de cerveau humain.

L'hypothèse métabolique ou hypothèse de l'aptitude physique cardio-vasculaire

Cette hypothèse, la plus largement acceptée à l'heure actuelle, repose sur la démonstration d'une corrélation entre les performances cognitives et la capacité aérobie (Jeandel, 1995). Dans ce cadre, les études examinent l'effet de l'aptitude physique aérobie (notamment la $O_2\text{Max}$) sur les capacités cognitives (Kramer, Hahn & McAuley, 2000). L'activité physique régulière, qui améliore l'aptitude physique aérobie, augmente le flux sanguin cérébral et permet ainsi une meilleure oxygénation du SNC (Dustman *et al.*, 1994). L'activité physique pourrait ainsi, par l'amélioration de l'utilisation de l'oxygène et/ou du débit sanguin cérébral, améliorer le métabolisme glucidique et celui des neurotransmetteurs (sérotonine, norépinéphrine, dopamine) essentiels au fonctionnement cognitif. Cette hypothèse est séduisante pour expliquer l'effet sélectif ou plus important de l'activité physique en fonction de l'âge (le « Modèle Modérateur » de Stones & Kozma, 1988), puisque nous savons que la perfusion sanguine et le débit sanguin cérébral sont diminués chez la personne âgée (Raz, Williamson, Gunning-Dixon, Head, & Acker, 2000 ; West, 1996). Cette hypothèse repose sur la démonstration que l'aptitude physique aérobie, en tant que seule variable médiateuse est responsable des différences observées et suppose une mesure précise de $O_2\text{Max}$. Elle permettrait de mieux comprendre les résultats contrastés des études interventionnistes puisque l'amélioration de la cognition induite par l'exercice chez le sujet âgé augmenterait proportionnellement au gain en capacité aérobie. Il est donc essentiel que la durée du programme d'activité physique soit suffisamment longue pour induire des changements de fond dans les processus impliqués.

Cette hypothèse a longuement influencé les travaux dans ce domaine sans pour autant être confortée par de réelles preuves empiriques directes sinon à travers l'expérimentation animale ou l'inférence issue de données comportementales (Dustman *et al.*, 1994 ; McAuley *et al.*, 2004). Toutefois, une série d'études publiée très récemment (Colcombe *et al.*, 2004) a examiné précisément la relation qu'il pouvait y avoir entre l'aptitude physique aérobie et le fonctionnement cortical de différents groupes de personnes âgées avec des techniques d'imagerie cérébrale (IRMf : Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle). Dans deux études distinctes, Colcombe *et al.* ont utilisé une même tâche qui nécessite de réagir le plus rapidement possible à l'apparition d'un stimulus particulier tout en inhibant les stimuli « distracteurs » qui l'entourent. Les auteurs faisaient l'hypothèse que l'attention sélective nécessaire à cette tâche impliquait le recrutement des aires frontale et pariétale. De plus, l'amélioration du fonctionnement de ces régions devrait entraîner une réduction de l'activité dans le cortex cingulaire antérieur (sensible au « conflit comportemental » engendré par les stimuli distracteurs). Sur le versant comportemental, les résultats de ces études ont révélé que les participants âgés qui avaient initialement un haut niveau d'aptitude physique aérobie (étude 1) ainsi que ceux qui l'avait amélioré grâce à un entraînement aérobie (étude 2), avaient des performances significativement supérieures à celles de leurs homologues à bas niveau d'aptitude physique aérobie ou ayant participé à un entraînement non-aérobie (de type stretching). De plus, ces mêmes participants montraient une plus grande activité corticale dans les régions frontales et pariétales impliquées dans la sélection spatiale et le fonctionnement inhibiteur (essentiels au succès de la tâche) que leurs homologues inactifs ou ayant participé à l'entraînement de type stretching. Enfin, les participants à haut niveau d'aptitude physique et ceux ayant participé au groupe d'entraînement cardio-vasculaire montraient une quantité d'activité réduite dans le cortex cingulaire antérieur.

Les résultats de ces études semblent ainsi démontrer, pour la première fois chez l'homme, un lien direct entre un haut niveau d'aptitude physique aérobie (conséquence d'une pratique régulière d'activité physique de type aérobie), une meilleure performance à une tâche impliquant les fonctions exécutives et le recrutement des aires cérébrales nécessaires à cette performance. Ces études apportent ainsi un support théorique et empirique tout à fait pertinent et d'une grande portée pour expliquer le mécanisme qui lie la pratique d'activité physique de type aérobie et l'amélioration du fonctionnement cognitif des personnes âgées.

Les autres mécanismes

Il est important de noter ici que les hypothèses explicatives que nous venons de voir et qui proposent des mécanismes plus ou moins directs par lesquels l'activité physique pourrait influencer le fonctionnement cognitif, ne sont pas mutuellement exclusives. Chacune apporte une explication plausible et souvent effective, mais parcellaire et spécifique à certains fonctions, structures ou niveaux de description, et il n'y a pas de raison de penser qu'elles n'opèrent pas simultanément. Toutefois, il ne faut pas exclure que les effets de l'activité physique se

manifestent également à d'autres niveaux, comme le niveau de santé ou le sentiment de bien-être par exemple (Ruuskanen & Ruoppila, 1995 ; Wannamethee, Chaper & Walker, 1998). Ainsi, l'activité physique régulière pourrait avoir un effet secondaire sur la performance cognitive des personnes âgées en prévenant ou repoussant la maladie. De même, l'amélioration du bien-être et de l'estime de soi peut entraîner une plus grande confiance et une meilleure connaissance de ses capacités. Les personnes âgées actives exploiteraient alors peut-être plus sereinement et efficacement leur potentiel lors des tests cognitifs utilisés dans les études. Enfin, il n'est pas exclu que la richesse des interactions sociales dont peuvent bénéficier les personnes participant à des séances collectives et structurées d'activité physique puisse avoir une influence sur leur santé cognitive.

Conclusion

La vitalité cognitive est essentielle pour la qualité de vie et la survie des personnes âgées. Si la diminution de la performance cognitive liée à l'âge est aujourd'hui bien établie, l'ensemble des études que nous avons examinées dans cette revue suggère que ce déclin n'est pas totalement inévitable. Dans l'ensemble, il apparaît que le maintien d'un style de vie physiquement actif tout au long de sa vie ou la (re)prise d'une activité physique régulière entraînent un maintien ou une amélioration du fonctionnement cognitif des seniors. Il semble toutefois que cette relation entre l'activité physique et la cognition ne soit pas générale mais plutôt spécifique à certaines tâches (comme celles nécessitant des traitements rapides et coûteux) ou fonctions (comme la mémoire de travail ou les fonctions exécutives). Du fait des nombreux facteurs relatifs aux tâches utilisées ou aux sujets étudiés pouvant moduler cette relation, la généralisation de l'influence de l'activité physique sur la cognition doit être faite avec prudence et d'autres études sont encore nécessaires pour tirer des conclusions définitives. Il convient notamment de s'assurer le plus possible de l'homogénéité des populations étudiées (ce qui n'est pas sans poser des problèmes tant la variabilité interpersonnelle augmente avec l'âge) et de contrôler le plus possible tous les facteurs de confusion pouvant covarier avec l'activité physique, la cognition et l'âge. Des facteurs comme la santé, le niveau cognitif de base, le sexe, la catégorie socioprofessionnelle, ou encore la motivation sont autant de variables qui peuvent influencer à la fois et indépendamment l'activité et la cognition. Compte tenu de son impact à divers niveaux, la pratique régulière d'activités physiques doit être encouragée, notamment chez la personne vieillissante qui a le plus volontiers tendance à adopter un mode de vie sédentaire. Ce constat est d'autant plus conforté que plusieurs études ont révélé que la pratique régulière d'activités physiques réduisait significativement les risques de mortalité précoce et pouvait même augmenter substantiellement la longévité (Blair *et al.*, 1995 ; Kujala, Kaprio, Sarna, & Koskenvuo, 1998).

Le challenge à relever par les chercheurs est maintenant de déterminer précisément les mécanismes qui sous-tendent la relation entre l'activité physique et le vieillissement cognitif. Le développement d'un modèle explicatif est

très stimulant mais il n'existe certainement pas une solution unique. A l'instar de la remarque de Bäckman, Small et Wahlin (2001), il est probable que l'identification d'un seul paramètre pour expliquer la variance du fonctionnement cognitif relative à l'âge et à l'activité physique est vouée à l'échec, à cause de la complexité inhérente à tous les niveaux biologiques et comportementaux. La plausibilité d'une relation directe entre un haut niveau d'aptitude physique aérobie (résultat d'une pratique physique régulière) et l'intégrité des fonctions et des structures cérébrales de la personne âgée a toutefois reçu de récentes preuves empiriques (Colcombe *et al.*, 2003 ; Colcombe *et al.*, 2004). Cependant, les mécanismes exacts qui sous-tendent cette relation à un niveau moléculaire, cellulaire ou organique doivent encore être clairement établis. La multiplication des études utilisant les technologies d'imagerie cérébrale permettra sans aucun doute d'apporter des éléments de réponse à cette question.

L'identification précise des mécanismes génératifs responsables de la relation entre l'activité physique et le vieillissement des fonctions cognitives revêt donc une importance capitale. Une meilleure compréhension de ces mécanismes est en effet nécessaire pour mettre en place des programmes structurés d'exercices physiques qui ciblent directement ces mécanismes (Etnier, sous presse ; McAuley *et al.*, 2004). Le développement d'études utilisant des questionnaires très complets sur le mode de vie des personnes (activités physiques (sportives et de loisir) pratiquées tout au long de la vie, antécédents médicaux, habitudes alimentaires, activités sociales...), couplés à des mesures plus directes de l'aptitude physique ($O_2\text{Max}$, mais aussi seuil ventilatoire), dans le cadre de méthodologies longitudinales ou interventionnistes, nous paraît être un bon moyen pour déterminer plus précisément et isolément ces mécanismes.

Bibliographie

- ABOUREZK, T., & TOOLE, T. (1995). Effect of task complexity on the relationship between physical fitness and reaction time in older women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 3, 251-260.
- ALBERT, M. S., JONES, K., SAVAGE, C. R., BERKMAN, L., SEEMAN, T., BLAZER, D., & ROWE, J. W. (1995). Predictors of cognitive change in older persons: MacArthur studies of successful aging. *Psychology and Aging*, 10(4), 578-589.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (sixth Ed.) Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- ANTSEY, K. J., & SMITH, G. A. (1999). Interrelationships among biological markers of aging, health, activity, acculturation, and cognitive performance in late adulthood. *Psychology and Aging*, 14(4), 605-618.
- BÄCKMAN, L., SMALL, B. J., & WAHLIN, A. (2001). Aging and memory: cognitive and biological perspectives. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the Psychology of Aging* (5th ed., pp. 349-366). San Diego: Academic Press.