Bien vieillir en pratiquant une activité physique

Michel AUDIFFREN

Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage
Université de Poitiers - CNRS, France

Plan de l’exposé (45’)

1. Quelques définitions
2. Effets bénéfiques réellement observés
3. Modérateurs des effets positifs de l’exercice chronique sur le vieillissement cognitif
4. Mécanismes neurophysiologiques et psychologiques susceptibles de sous-tendre ces effets comportementaux
5. Caractéristiques des programmes d'activité physique qui donnent les effets positifs les plus importants
6. Barrières à l’activité physique et stratégies motivationnelles permettant d’amener des seniors sédentaires à adopter et maintenir la pratique régulière de l’activité physique

Partie 1

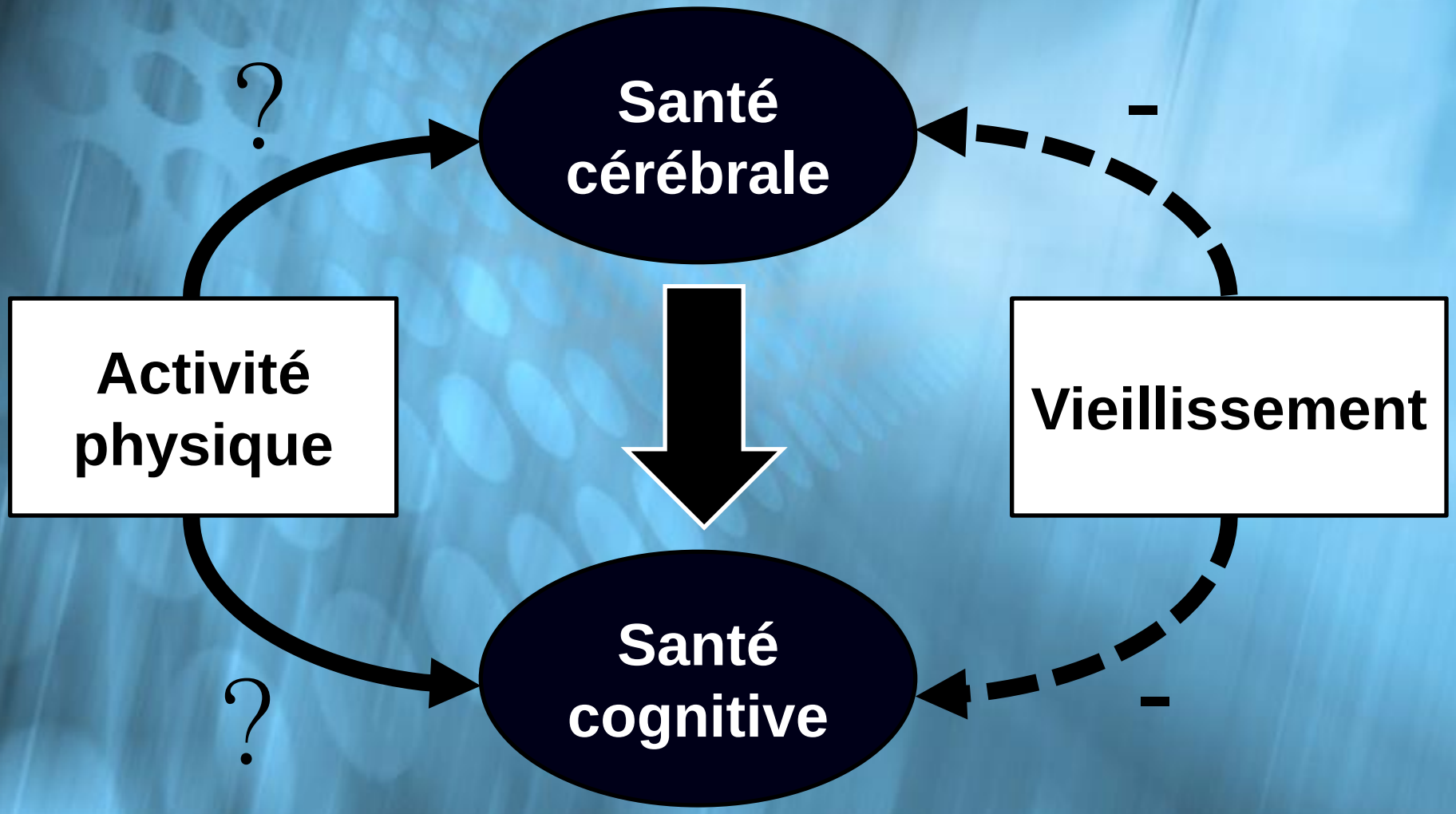
Quelques définitions

Influence positive de l’activité physique sur la santé

- Obésité incidente,
- Maladies cardiovasculaires,
- Diabète de type 2 (non-insulinodépendant) ,
- Ostéoporose,
- Cancer du sein et du colon.

(Bouchard et al., 1994; Dishman et al., 2004)

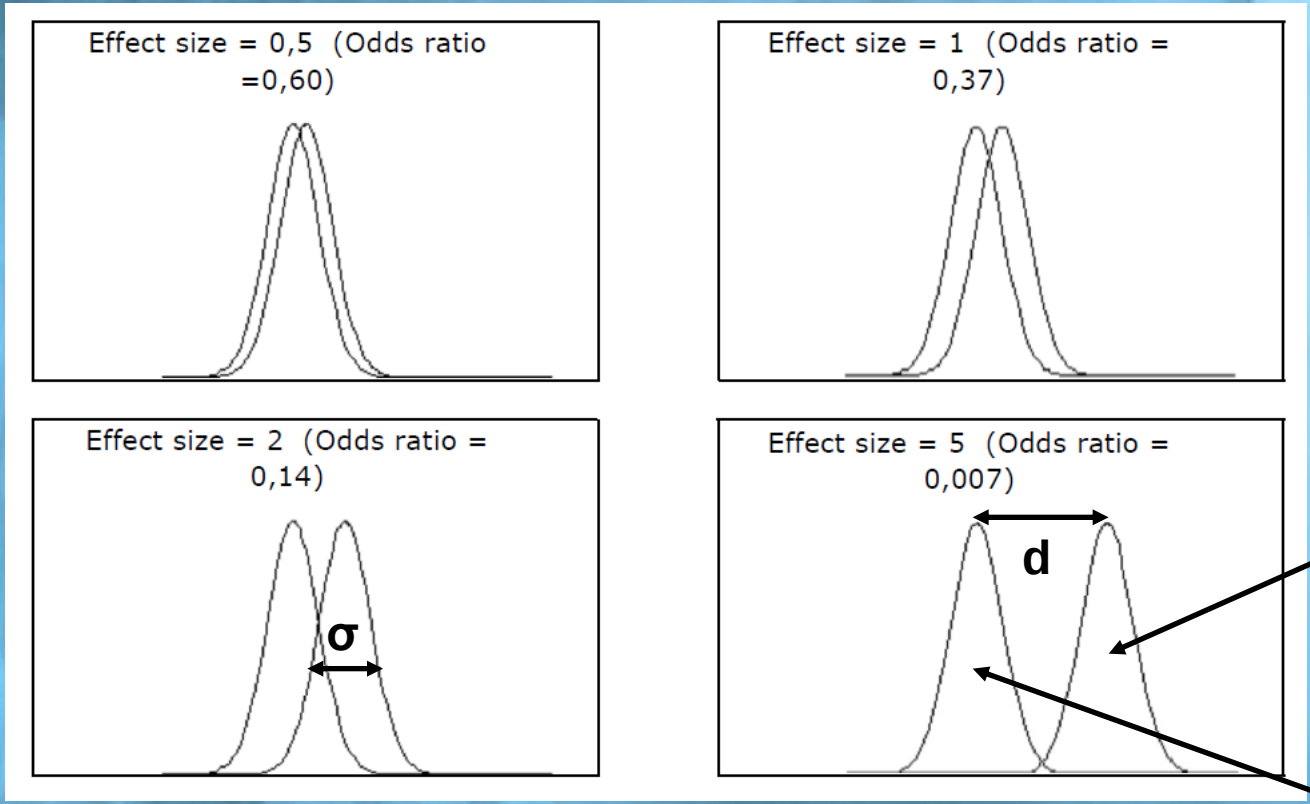
Problématique



Questions posées ?

- **L’effet existe-t-il ?**
  - ➡ Risque de se tromper : inférieur à 5 chances sur 100
- **Un lien de causalité existe-t-il entre activité physique et santé cérébrale et/ou cognitive ?**
- **Quelle est la taille de l’effet ?**
- **L’effet est-il intéressant sur les plans cliniques, économiques et sociaux.**

Taille d'un effet



Post-test
ou
Actifs

Pré-test
ou
Sédentaires

d ou g ≈ 0.2 ➡ Effet de petite taille

d ou g ≈ 0.5 ➡ Effet de taille modérée

d ou g > 0.8 ➡ Effet de grande taille

Deux types d'effet de l'exercice

Type d'effet	Type d'exercice	Caractéristique du changement physiologique	Type de mécanisme neuronal sous-tendant l'effet
Effet aigu	Exercice isolé	Transitoire	Modulation de l'activité d'un réseau de neurones
Effet chronique	Exercice régulier	Durable	Changements structuraux (capillaires, neurones, synapses)

Protocoles de recherche

pour étudier les effets chroniques de l'exercice

- **Etudes transversales (Cross-sectional studies)**

  → Comparaison de deux groupes de sujets ayant des caractéristiques particulières dans les mêmes conditions expérimentales à un moment donné.

  → Exemple : Groupe de sédentaires versus Groupe de sportifs

- **Etudes longitudinales (Longitudinal studies)**

  → Suivi d'une ou plusieurs cohortes de sujets sur plusieurs années.

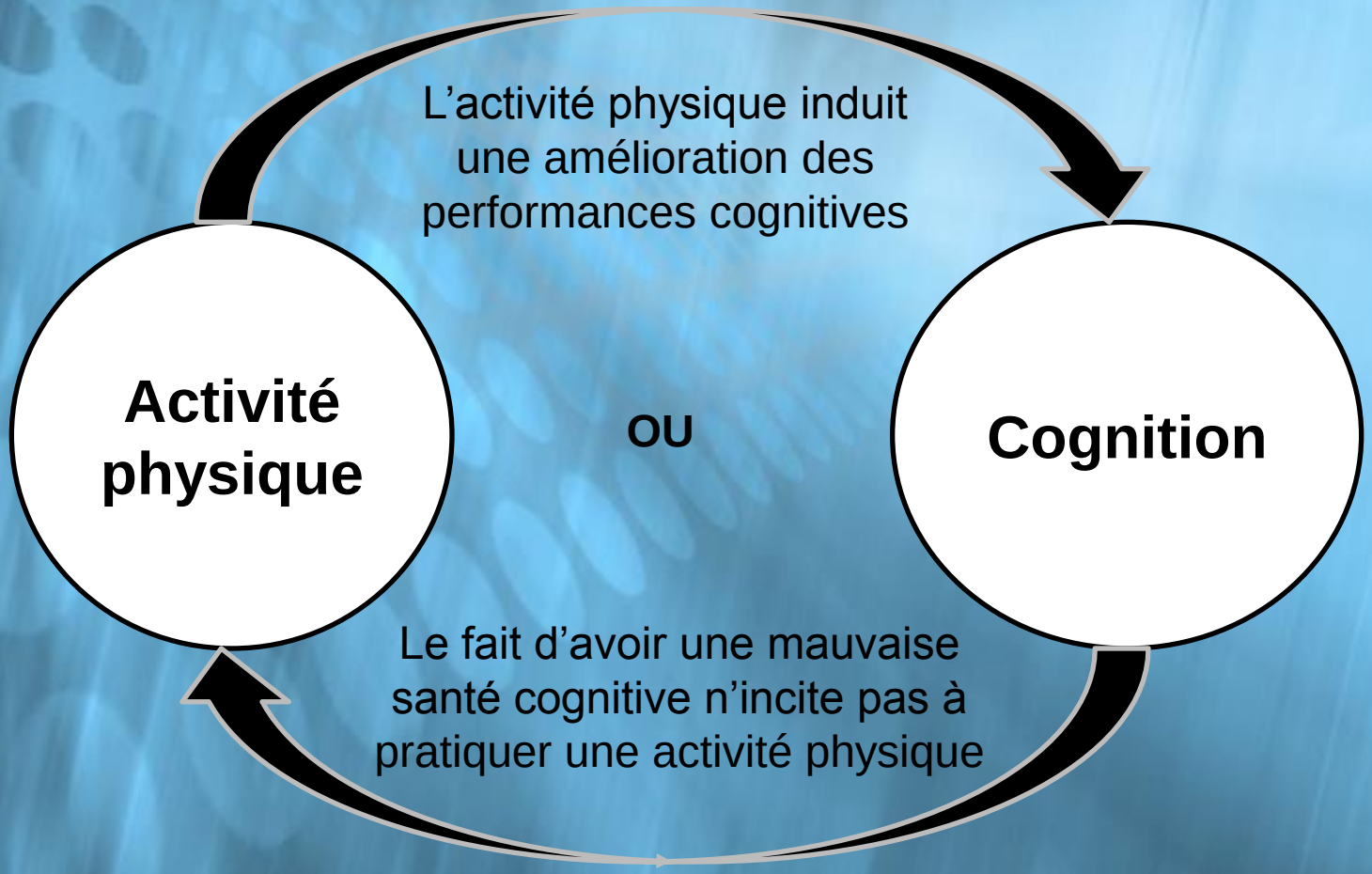
  → On prend une cohorte de n sédentaires, on leur fait suivre un programme d'activité physique pendant *x* années et on regarde l'évolution de leurs performances

- **Etudes interventionnelles (Intervention studies)**

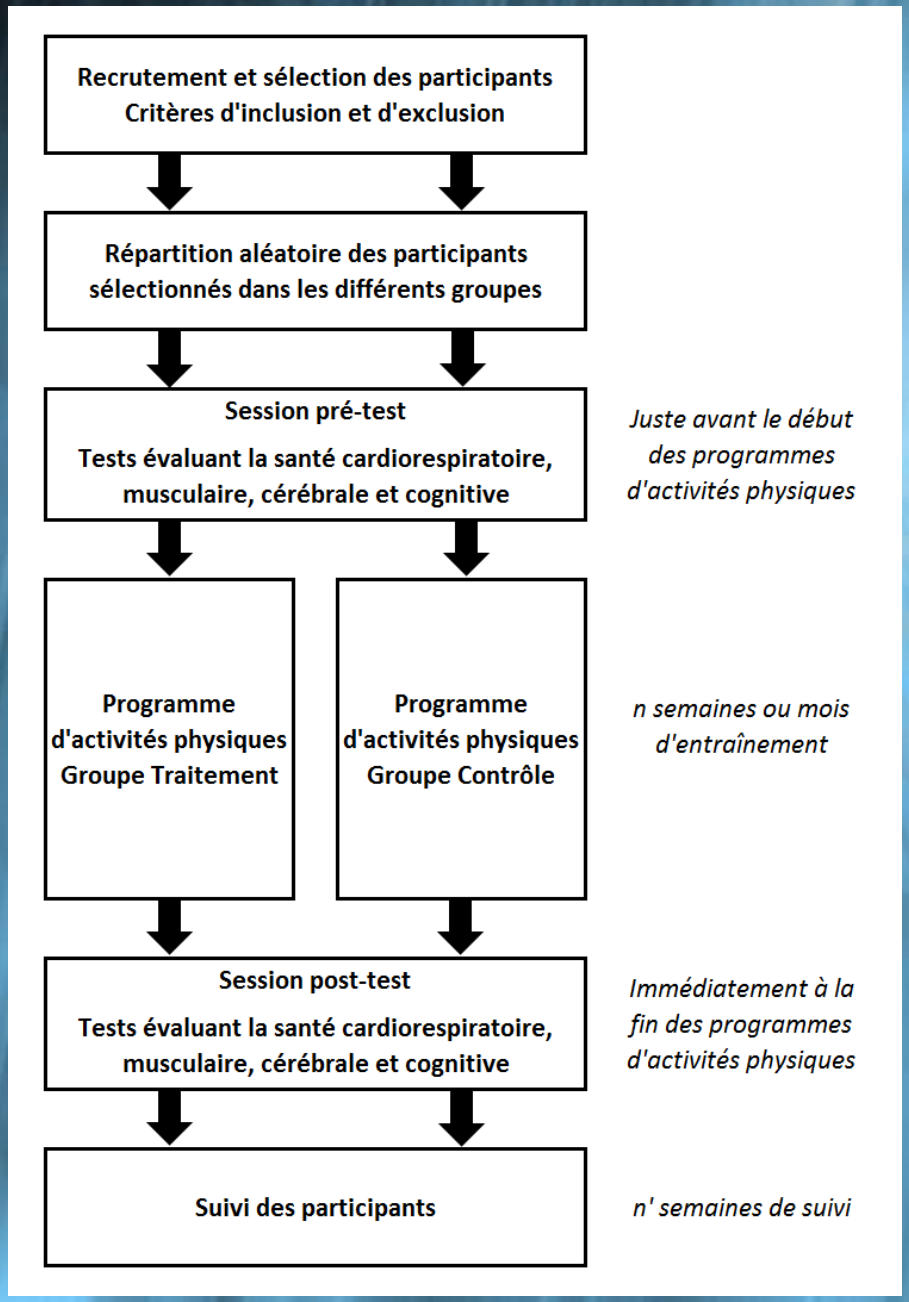
  → Comparaison de plusieurs groupes de sujets avant et après l'administration d'un traitement particulier.

  → Exemple : Groupe Activités Aérobies, Groupe Gymnastique douce, Groupe contrôle.

Principal problème des études transversales et longitudinales



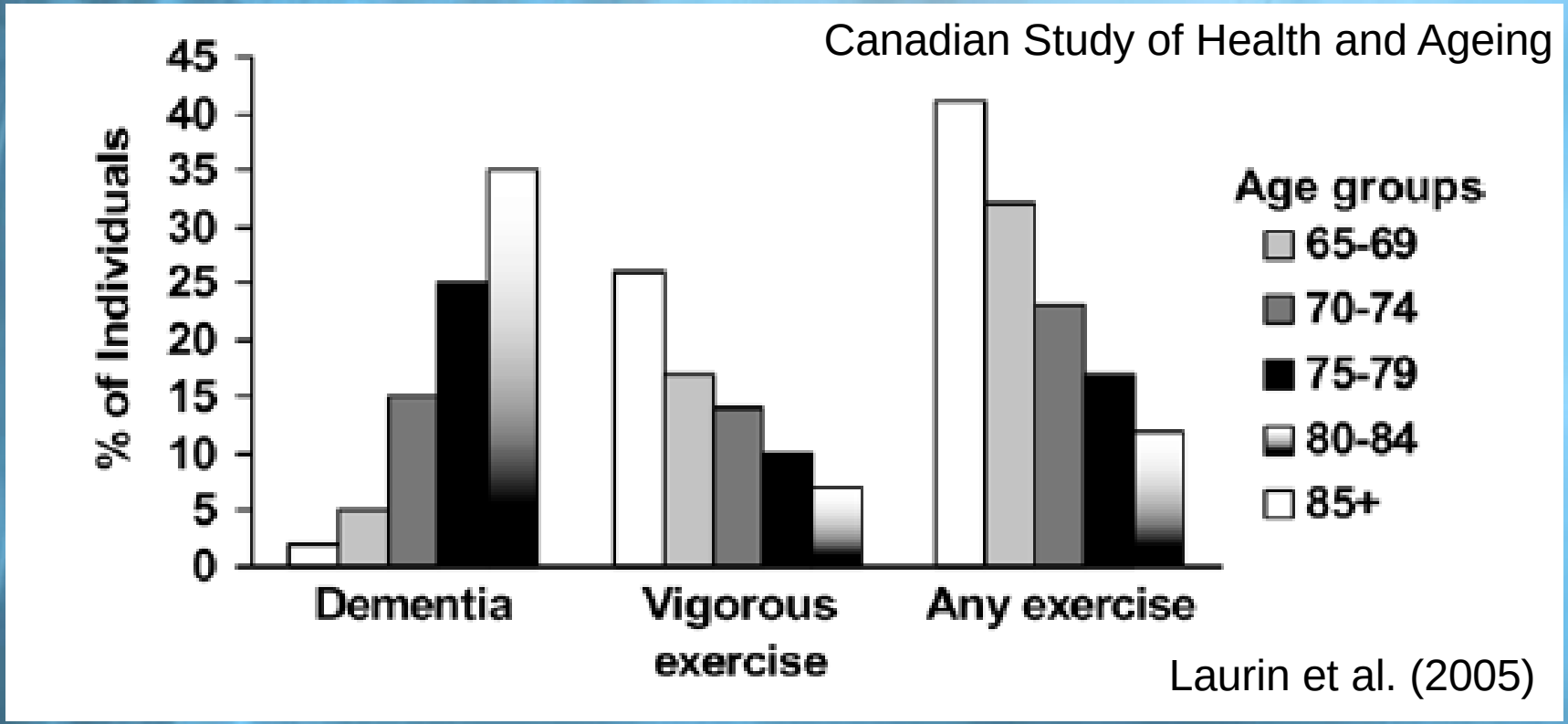
Déroulement d'une étude interventionnelle



Partie 2

Effets bénéfiques réellement observés

Prévalence de la démence en fonction de l'intensité de l'exercice physique



Activité physique et maintien des fonctions cognitives

- **Rockwood et Middleton (2007) ont calculé le risque relatif de développer une démence ou un déclin cognitif en fonction de la quantité d'activité physique pratiquée**.

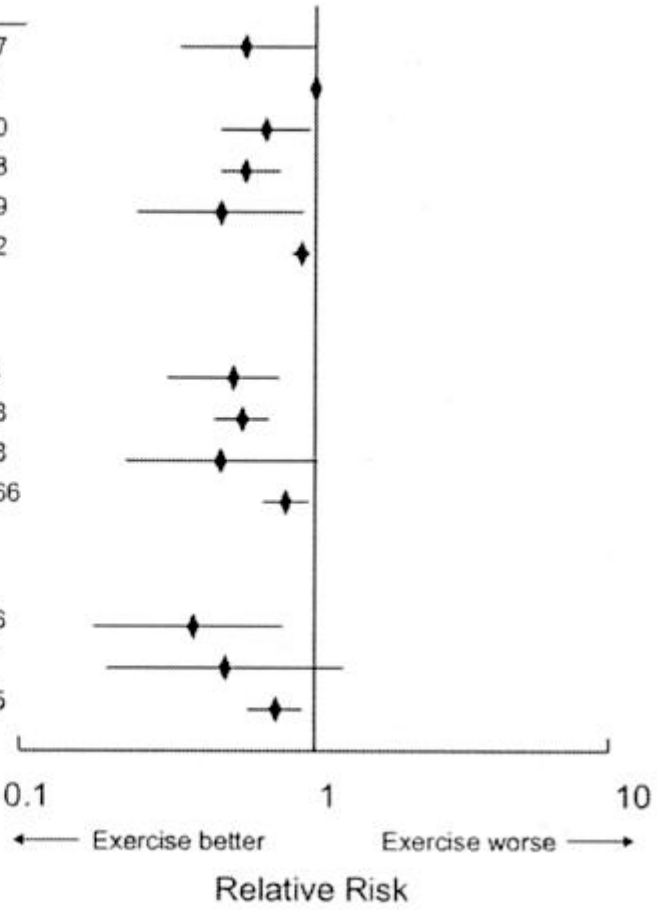
- $p_{spécifique}$: probabilité de développer une démence chez des personnes pratiquant très fréquemment une activité physique.

- $p_{contrôle}$: probabilité de développer une démence chez des personnes pratiquant peu fréquemment une activité physique.

$$RR = \frac{p_{spécifique}}{p_{contrôle}}$$

Risque relatif de démence et de déclin cognitif

Reference	Age*	Gender	N†
Dementia			
Abbott, 2004	71-93	Men	2257
Broe, 1998	75+	Both	327
Larson, 2006	65+	Both	1740
Laurin, 2001	65+	Both	9008
Rovio, 2005	65-79	Both	1449
Scarmeas, 2001	65+	Both	1772
Cognitive Impairment			
Flicker, 2005	80+	Men	618
Laurin, 2001	65+	Both	9008
Stewart, 2001	55-75	Both	2378
Weuve, 2004	70-81	Women	18766
Cognitive Decline			
Lytle, 2004	65+	Both	1146
Schuit, 2001	65-84	Men	347
Yaffe, 2001	65+	Women	5925



Rockwood & Middleton (2007)

Etude FINE (2004)

***Table** Characteristics in 1990 of the 295 healthy participating Finnish, Dutch, and Italian male survivors (without myocardial infarction, stroke, diabetes, or cancer and with MMSE above 18), born between 1900 and 1920*

	295 Healthy participating survivors			
Characteristic	Finnish men, n = 46	Dutch men, n = 118	Italian men, n = 131	*p* Value for difference
Mean age, y	73.6 (3.6)	74.2 (3.6)	76.0 (3.2)	<0.001
Mean MMSE score	26.6 (2.9)	27.1 (1.9)	25.2 (2.7)	<0.001
Education, y	4.6 (2.6)	11.1 (4.2)	5.0 (2.6)	<0.001
Physical activity				
Mean duration, min/wk	880.8 (796.2)	667.5 (469.3)	991.9 (974.7)	0.19
Type, % of total time				
Walking	34	23	20	0.02
Bicycling	13	30	11	<0.001
Sports	1	5	2	<0.001
Odd jobs	3	12	5	<0.001
Gardening	8	19	35	0.002
Hobbies	16	11	1	<0.001
Farming	24	—	27	<0.001
Mean intensity,* kcal/kg-h	3.7 (0.8)	3.7 (0.8)	3.7 (1.1)	0.80
Alcohol users, %	87	84	82	0.77
Current smokers, %	2	15	16	0.04
BMI, kg/m^2	26.5 (2.7)	25.8 (2.6)	26.2 (3.7)	0.41

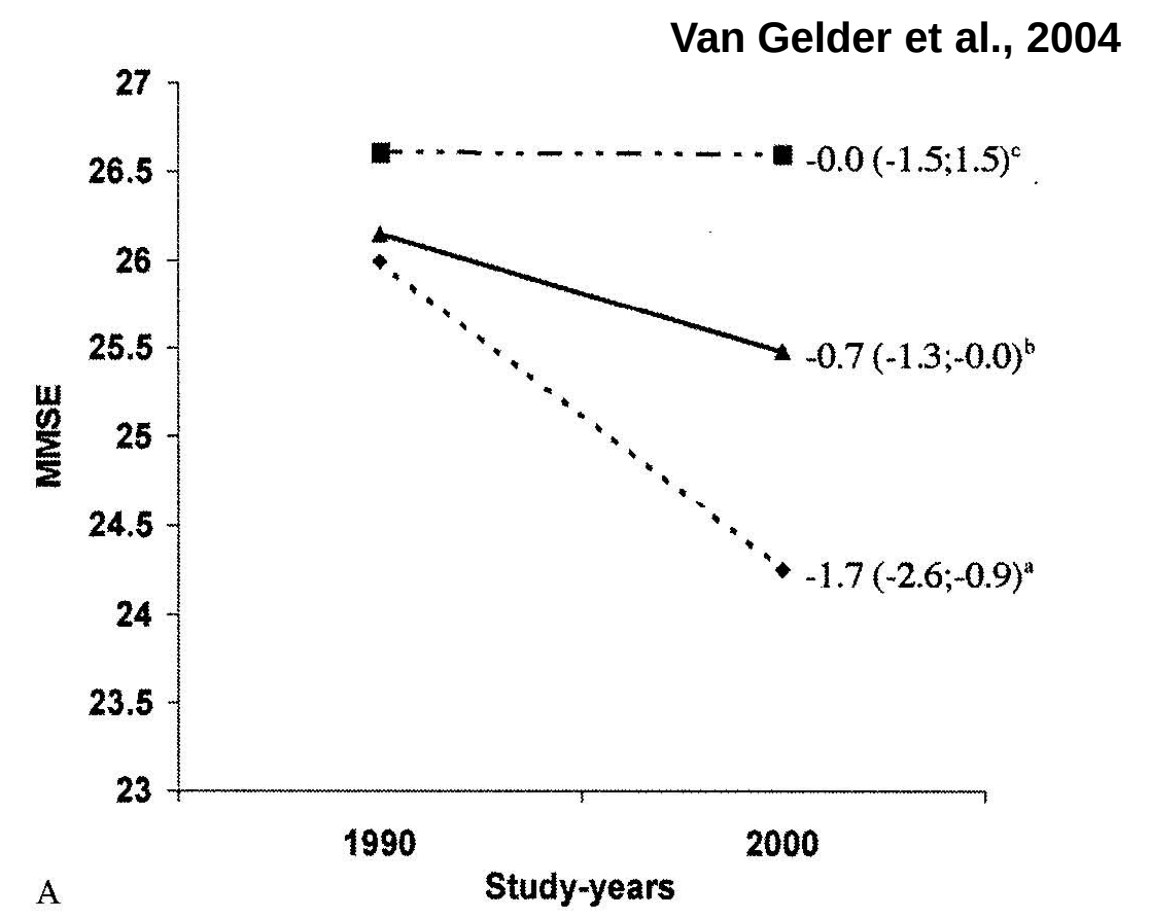
Values are adjusted means (SD) or percentages.

* Mean intensity weighted for the time spent on the activities.

MMSE = Mini-Mental State Examination; BMI = body mass index.

(Van Gelder et al., 2004)

Etude FINE (2004)



Carré= augmentation de la durée de pratique
Triangle = durée inchangée
Losange = diminution de la durée de pratique

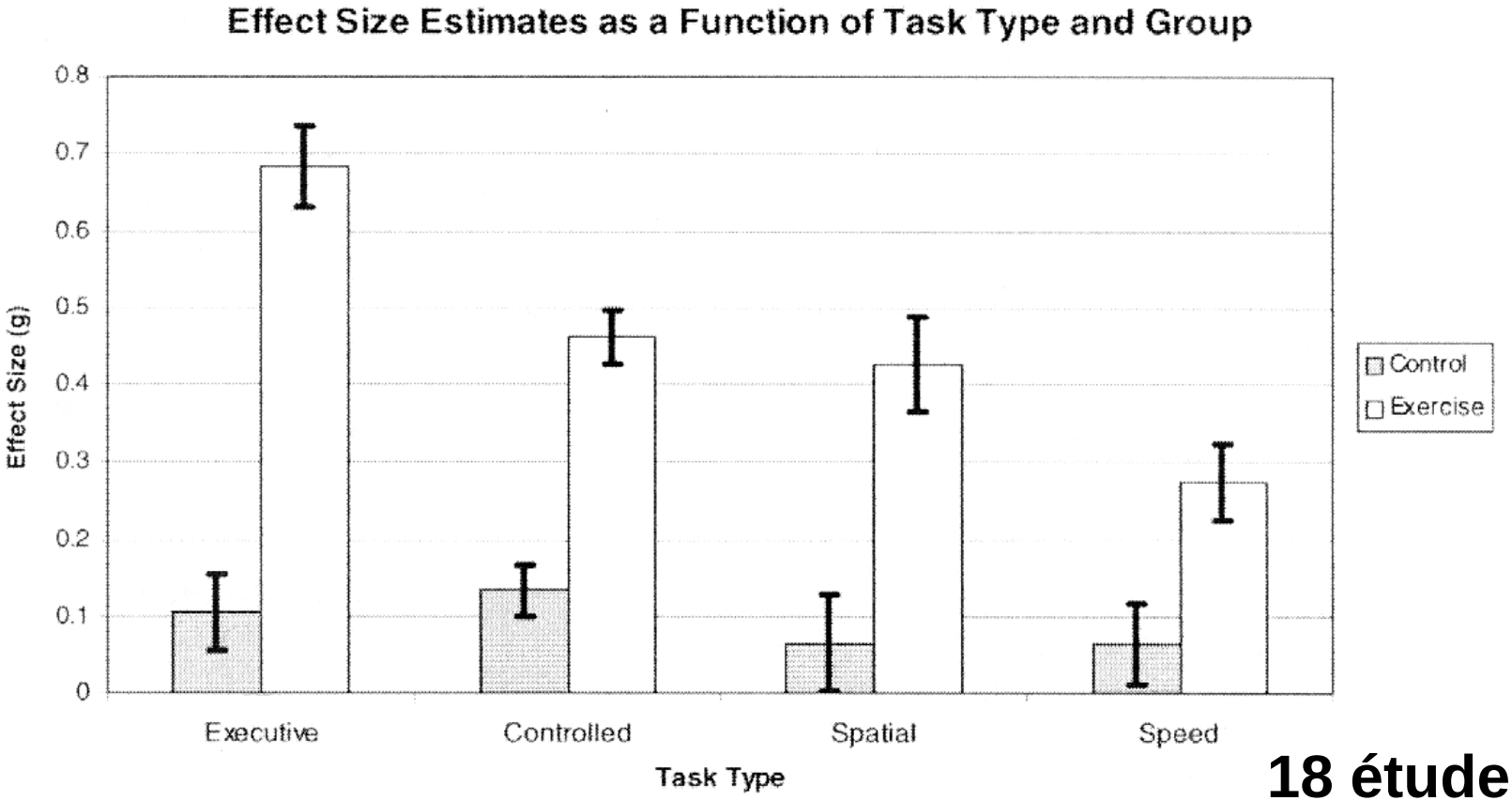
MMSE = Mini Mental State Examination (/30)

Méta-analyse de Heyn et al. (2004)

Mesure de performance	Nombre d'effets	Taille de l'effet	Erreur standard	Intervalle de confiance (95%)	*p*
Cardiovasculaire	18	0,62	0,06	0,45 – 0,78	0,000
Force	17	0,75	0,06	0,58 – 0,93	0,000
Souplesse	4	0,91	0,17	0,47 – 1,36	0,010
Cognition	12	0,57	0,07	0,38 – 0,75	0,000
Fonctionnelle	20	0,59	0,06	0,43 – 0,76	0,000
Comportementale	13	0,54	0,07	0,36 – 0,72	0,000

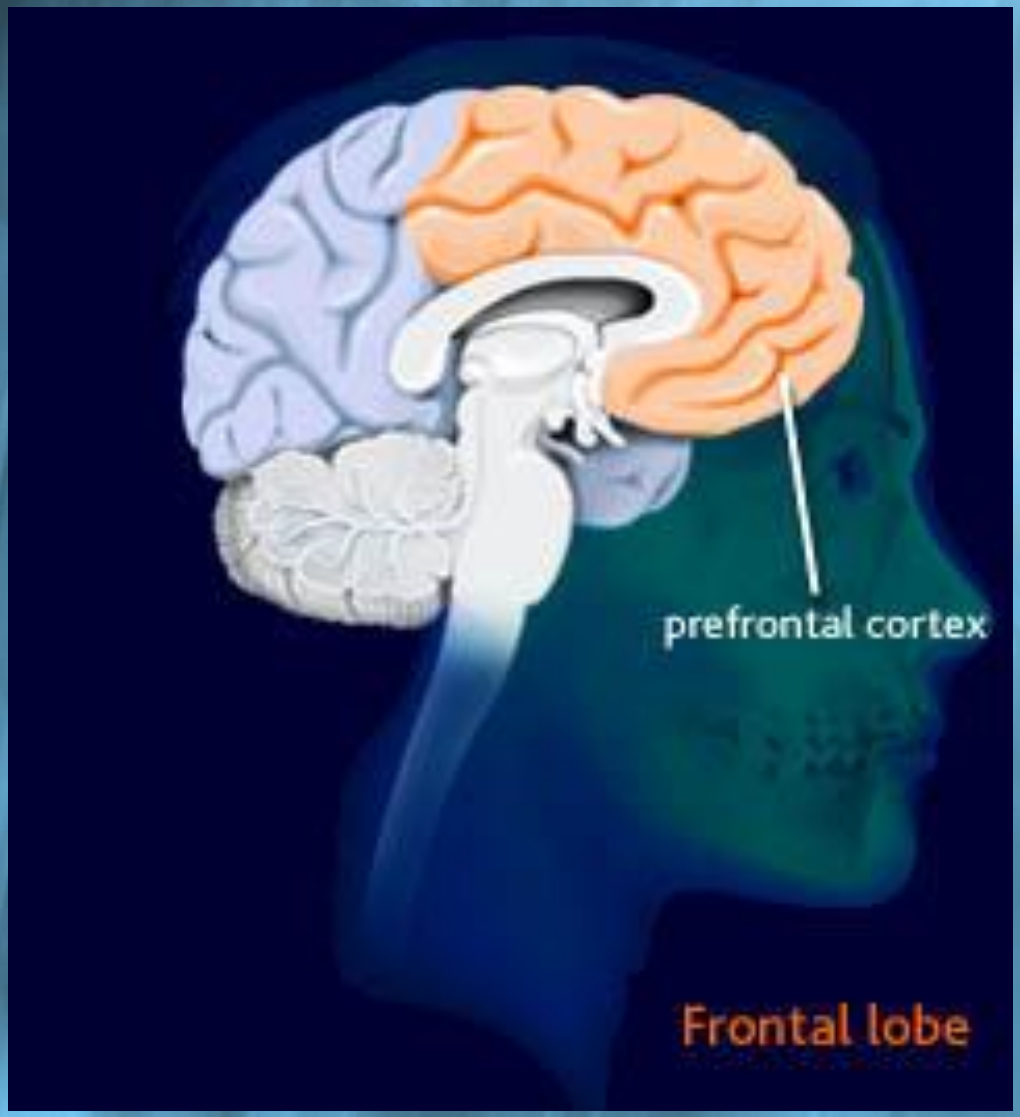
Etudes réalisées chez des personnes atteintes de démence et ayant des déficits cognitifs associés

Méta-analyse de Colcombe & Kramer (2003)



18 études

Les Fonctions exécutives



- Inhiber une action, une pensée
- Remettre à jour la mémoire de travail
- Passer rapidement d’une tâche à une autre
- Planifier une stratégie d’actions
- Contrôler l’expression d’une émotion

Toutes ces fonctions demandent un effort cognitif

Méta-analyse de Smith et al. (2010)

- ➡ Attention et vitesse de traitement de l'information
- ➡ Fonctions exécutives
- ➡ Mémoire de travail
- ➡ Mémoire déclarative

• Echantillons de personnes ayant plus de 18 ans, avec ou sans pathologie du SNC

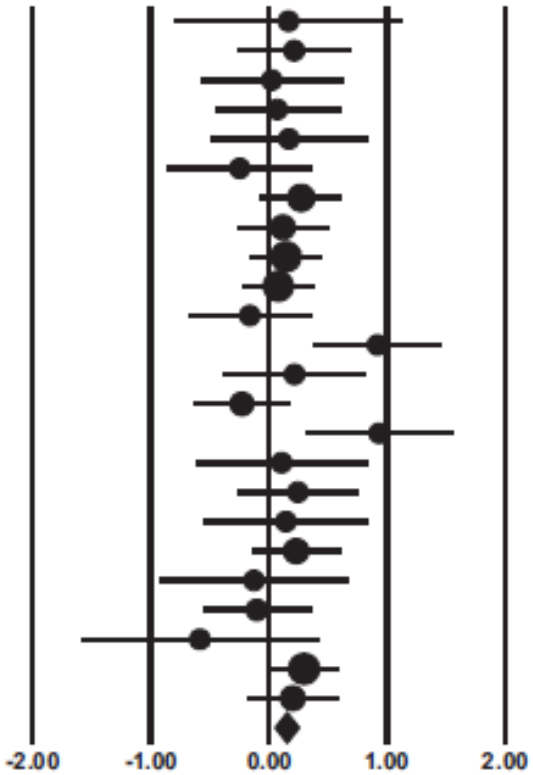
Attention et vitesse de traitement de l'information

Attention and Processing Speed (24 études)

Study name	Hedges's g	Standard error	p-Value
Bakken, 2001	0.169	0.488	0.729
Blumenthal, 1989	0.218	0.244	0.372
Emery, 1990	0.028	0.307	0.928
Emery, 1998	0.075	0.269	0.782
Hassmen, 1992	0.173	0.339	0.610
Hawkins, 1992	-0.243	0.311	0.435
Hoffman, 2008	0.277	0.173	0.110
Khatri, 2001	0.121	0.198	0.540
Kramer, 2002	0.148	0.152	0.329
Lautenschlager, 2008	0.083	0.153	0.586
Masley, 2008	-0.158	0.266	0.552
Munguia-Izquierdo, 2008	0.922	0.277	0.001
Oken, 2004	0.221	0.302	0.464
Oken, 2006	-0.224	0.209	0.282
Okumiya, 1996	0.938	0.320	0.003
Panton, 1990	0.111	0.367	0.762
Pierce, 1993	0.249	0.258	0.335
Russell, 1982	0.147	0.356	0.679
Smiley-Oyen, 2008	0.234	0.192	0.222
Stroth, 2009	-0.123	0.404	0.761
van Uffelen, 2008	-0.099	0.232	0.671
Whitehurst, 1991	-0.580	0.512	0.258
Williams, 1997	0.301	0.146	0.039
Williamson, 2009	0.206	0.197	0.297
	0.158	0.052	0.003

Hedges's g and 95% CI

g = 0.158 ; *p* .003)



Smith et al. (2010)

Fonctions exécutives

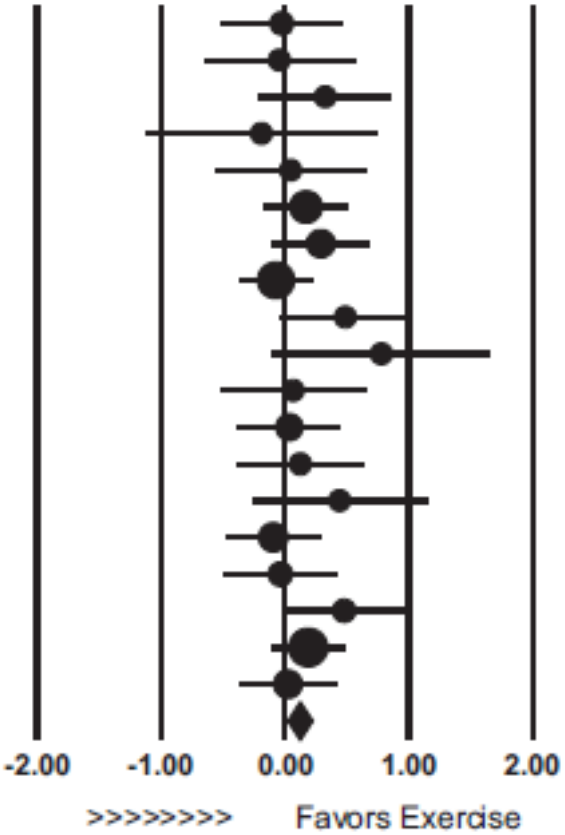
Executive Function

(19 études)

Study name	Statistics for each study		
	Hedges's g	Standard error	p-Value
Blumenthal, 1989	-0.025	0.244	0.919
Emery, 1990	-0.043	0.306	0.888
Emery, 1998	0.325	0.271	0.230
Fabre, 2002	-0.188	0.474	0.691
Hawkins, 1992	0.047	0.310	0.881
Hoffman, 2008	0.172	0.173	0.321
Khatri, 2001	0.291	0.199	0.144
Lautenschlager, 2008	-0.071	0.153	0.643
Masley, 2008	0.487	0.268	0.069
Moul, 1995	0.780	0.446	0.080
Oken, 2004	0.067	0.301	0.823
Oken, 2006	0.037	0.209	0.860
Pierce, 1993	0.126	0.258	0.625
Scherder, 2005	0.441	0.360	0.220
Smiley-Oyen, 2008	-0.092	0.193	0.633
van Uffelen, 2008	-0.035	0.232	0.879
Wallman, 2004	0.479	0.243	0.049
Williams, 1997	0.189	0.145	0.192
Williamson, 2009	0.026	0.197	0.896
	0.123	0.052	0.018

Hedges's g and 95% CI

g = 0.123 ; *p* .018)



Smith et al. (2010)

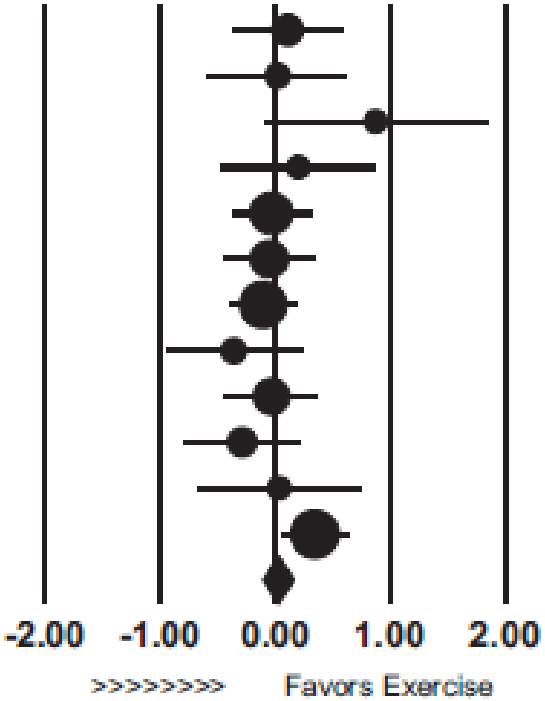
Mémoire de travail

Working Memory (12 études)

Study name	Statistics for each study		
	Hedges's g	Standard error	p-Value
Blumenthal, 1989	0.114	0.242	0.639
Emery, 1990	0.023	0.306	0.940
Fabre, 2002	0.878	0.498	0.078
Hassmen,1992	0.204	0.339	0.547
Hoffman, 2008	-0.031	0.172	0.858
Khatri, 2001	-0.047	0.198	0.814
Kramer, 2002	-0.101	0.151	0.503
Oken, 2004	-0.354	0.302	0.241
Oken, 2006	-0.029	0.208	0.890
Pierce, 1993	-0.283	0.259	0.274
Scherder, 2005	0.037	0.355	0.917
Williams, 1997	0.348	0.146	0.017
	0.032	0.069	0.642

Hedges's g and 95% CI

g = 0.032 ; *p* .642)



Smith et al. (2010)

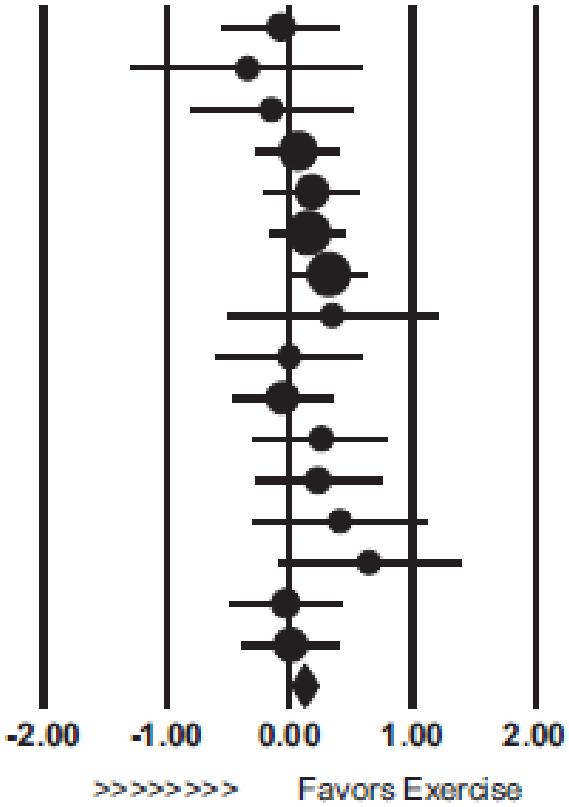
Mémoire déclarative

Memory (16 études)

Study name	Statistics for each study		
	Hedges's g	Standard error	p-Value
Blumenthal, 1989	-0.066	0.242	0.786
Fabre, 2002	-0.339	0.477	0.477
Hassmen, 1992	-0.145	0.335	0.665
Hoffman, 2008	0.072	0.173	0.676
Khatri, 2001	0.186	0.198	0.348
Kramer, 2002	0.156	0.151	0.304
Lautenschlager, 2008	0.322	0.154	0.036
Moul, 1995	0.351	0.436	0.421
Oken, 2004	0.000	0.299	1.000
Oken, 2006	-0.055	0.208	0.793
Perri, 1985	0.261	0.276	0.345
Pierce, 1993	0.233	0.259	0.369
Scherder, 2005	0.413	0.360	0.251
Stroth, 2009	0.650	0.378	0.085
van Uffelen, 2008	-0.029	0.232	0.900
Williamson, 2009	0.011	0.197	0.954
	0.128	0.058	0.026

Hedges's g and 95% CI

g = 0.128 ; *p* .026)



Smith et al. (2010)

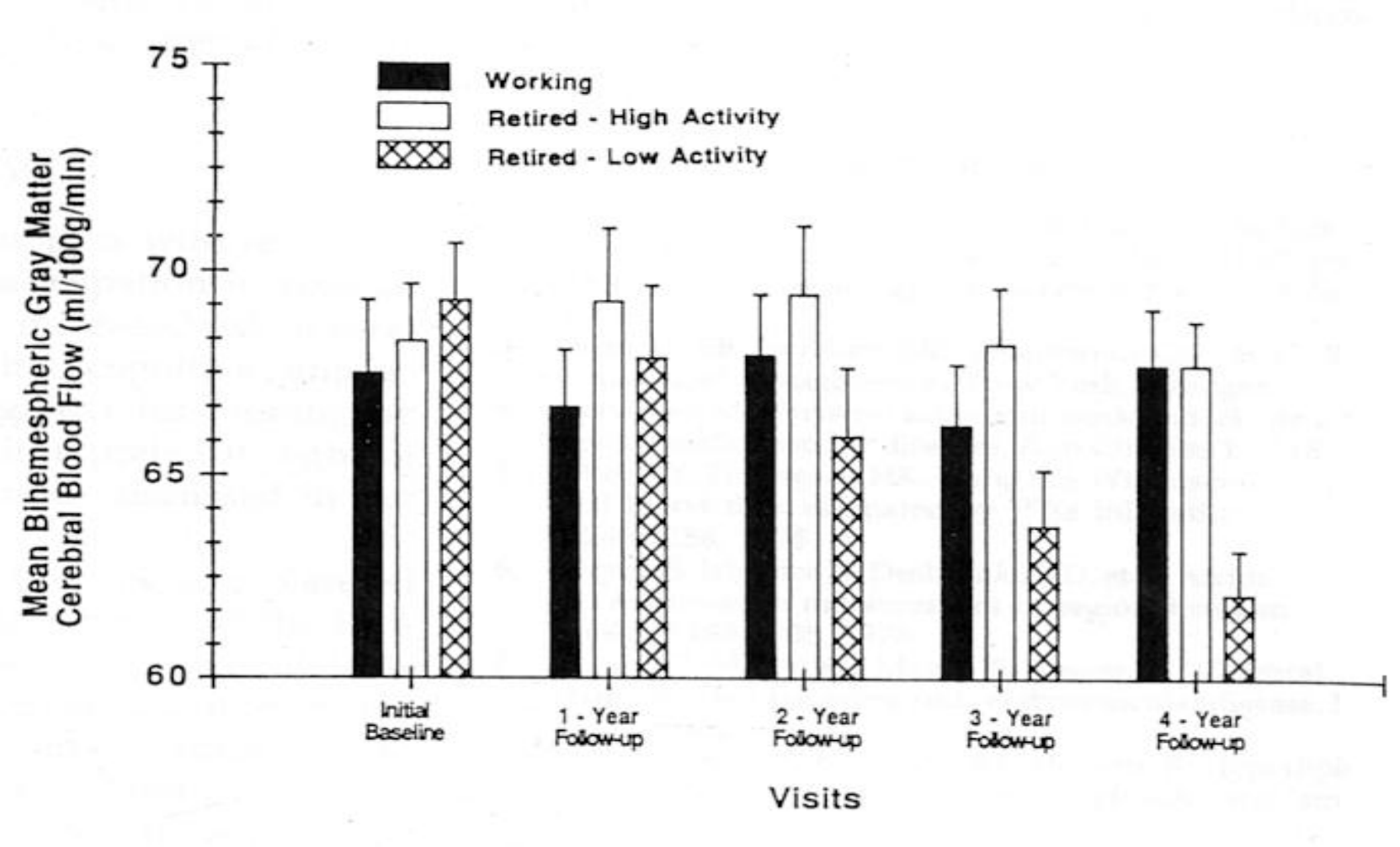
Activité physique et flux sanguin cérébral chez les seniors

	Group 1 (Working)	Group 2 (Retired High-Activity)	Group 3 (Retired Low-Activity)	Statistical Significance
Number of subjects	27	28	28	
Men/Women	17/10	19/9	17/11	NS*
Mean age	64.4	64.9	64.4	NS†
Mean baseline CBF	67.5	68.3	69.1	NS†
Activity score	13.2	15.5	4.9	$P < .001$†
Hypertension	8	10	9	NS*
Heart disease	8	5	8	NS*
Hyperlipidemia	6	7	6	NS*
Diabetes mellitus	2	1	3	NS*
Cigarette smoking				
Nonsmokers	16	12	13	
<1 pack/day	2	7	4	NS*
>1 pack/day	1	5	3	
Exsmokers	11	7	10	
Educational level	15.3	14.5	14.6	NS†

*Chi-square.
†Analysis of variance.

Rogers et al (1990)

Cerebral blood flow as a function of level of PA activity



Rogers et al. (1990)

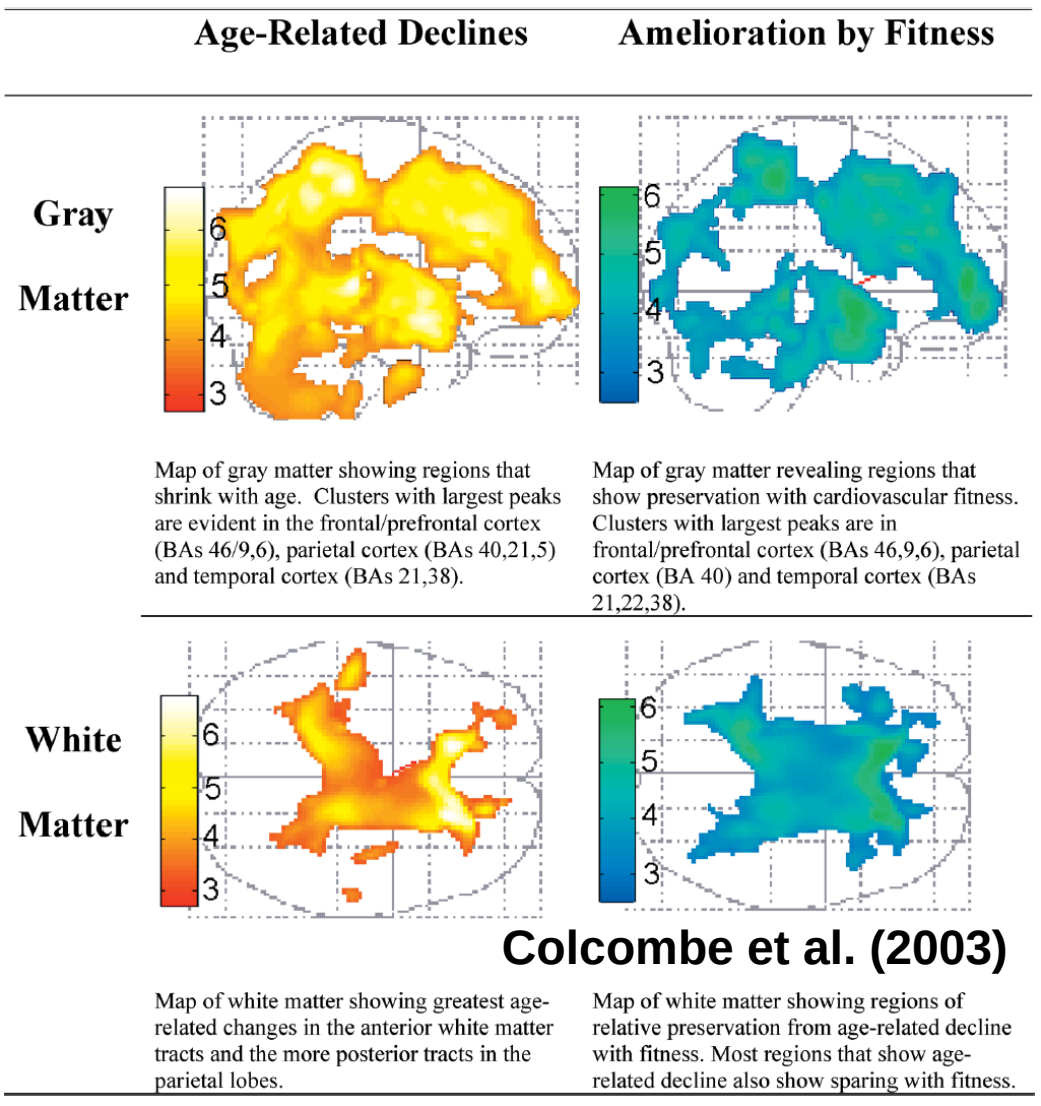
Etude de Colcombe et al. (2003)

Characteristic	Percent	Mean	Range	*SD*
Age	—	66.5	55–79	5.3
Est. $\dot{V}O_2$	—	31.1	11.2–49.9	8.5
Education (y)	—	16.1	10.0–22.0	2.9
MMSE	—	28.6	24–30	1.9
Caffeine consum. (mg/d)	—	196	0–610	157
Hypertensive	24	—	—	—
HRT females	52	—	—	—
Smoke tobacco	9	—	—	—
Alcohol consum. (per wk)	—	1.5	0–6.6	2.1
<1/wk	64			
1–4/wk	16			
>4/wk	20			

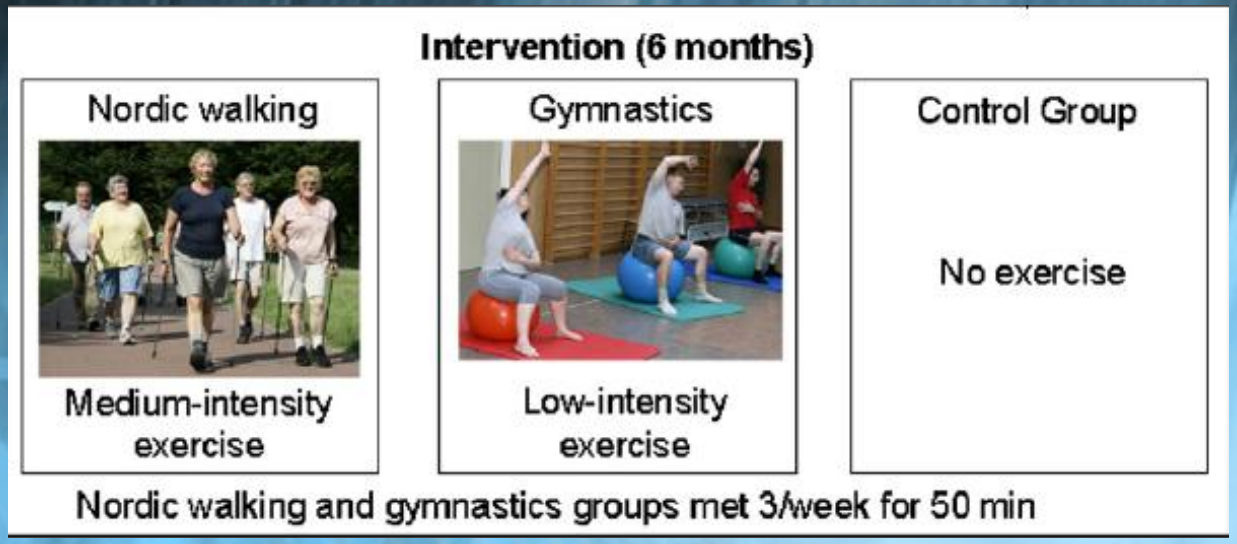
n = 55

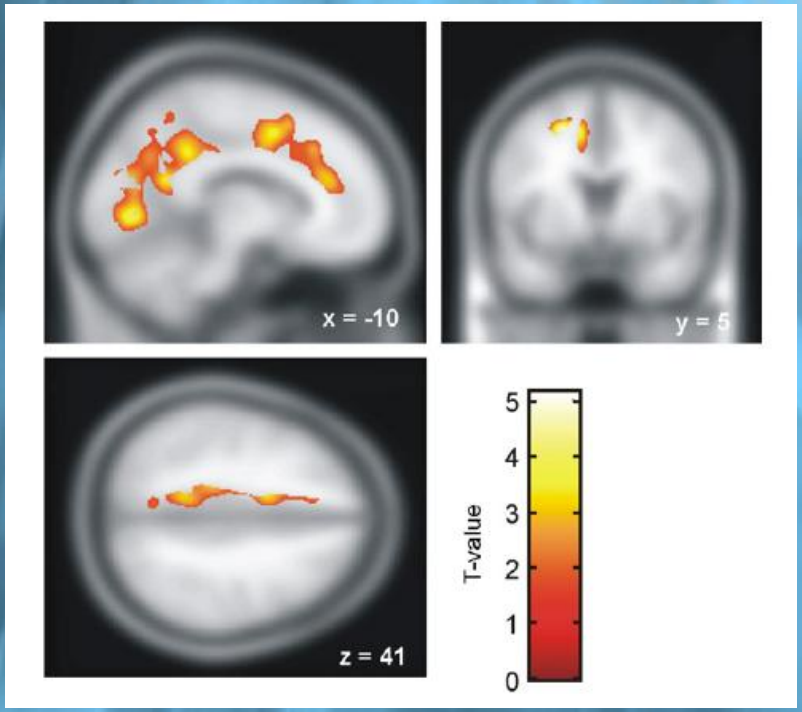
Notes: MMSE = Mini-Mental State Examination; HRT = hormone replacement therapy; $\dot{V}O_2$ = oxygen consumption per unit time.

Augmentation des substances grise et blanche avec l'exercice

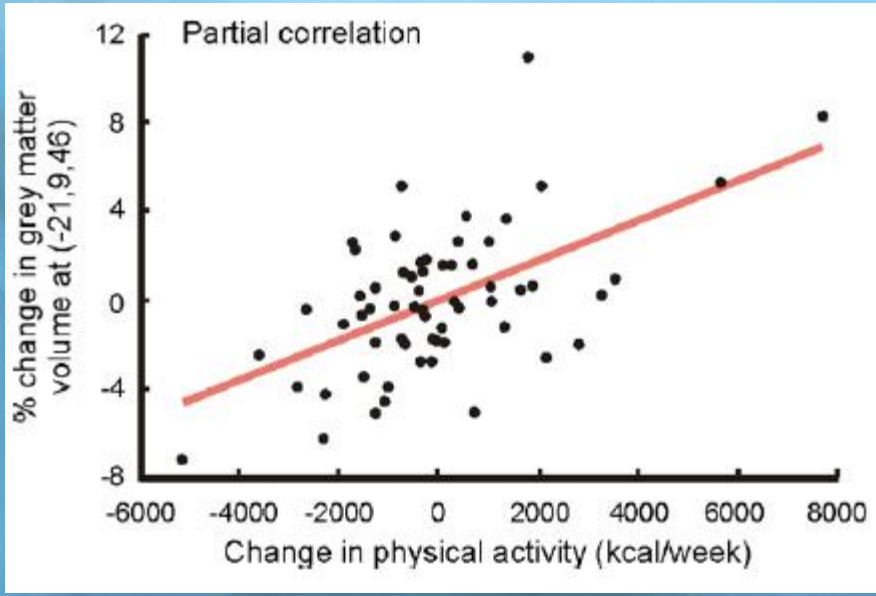


Colcombe et al. (2003)





Prefrontal and Cingular cortices



Ruschweyh et al. (2009)

Partie 3

Modérateurs des effets positifs de l’exercice chronique sur le vieillissement cognitif

Modérateurs des effets de l'exercice

- **Âge**
  - Selon Colcombe & Kramer (2004), l'effet de l'exercice chronique est plus important chez les 66-70 ans (g = 0.69) que chez les 71- 80 ans (g = 0.55) ou les 55-65 ans (g = 0.30).
  - Les personnes plus vulnérables seraient-elles plus sensibles à l'effet de l'exercice ?
- **Sexe**
  - Selon Colcombe & Kramer (2004), l'effet de l'exercice chronique est plus important chez les femmes (g = 0.60) que chez les hommes (g = 0.15).
  - Erickson et al. (2005) suggèrent que cet effet peut être causé par le fait que certaines femmes prennent un traitement hormonal post-ménopause de substitution.

Modérateurs des effets de l'exercice

- Réserve cognitive
  - ➡ L'effet de l'exercice semble plus faible chez les personnes ayant un niveau de réserve cognitive élevé (e.g., haut niveau d'éducation).
- Habitudes alimentaires
  - ➡ Un régime alimentaire riche en acide gras Omega-3 magnifies l'effet de l'exercice sur la plasticité cérébrale chez l'animal (Wu et al., 2008)
- Polymorphismes Génétiques
  - ➡ Les porteurs d'une allèle APOE*4 montrent des tailles d'effet de l'exercice physique plus importante (Rovio et al., 2005; Deeny et al. 2008).
  - ➡ D'autres polymorphismes pourraient aussi interagir avec l'activité physique : gène de la COMT, gène du BDNF

Partie 4

Caractéristiques des programmes d'activité physique qui donnent les effets positifs les plus importants

Méta-analyse de Colcombe & Kramer (2003)

Variable modératrice	Taille de l'effet	Erreur standard	n	p
Tous les participants				
Groupe contrôle	0.164	0.028	96	*
Groupe « Exercice »	0.478*	0.029	101	*
Participants pratiquant un exercice seulement				
Entraînement combiné	0.59*	0.049	49	*
Entraînement aérobie	0.41	0.037	52	*
Programme court (1-3 mois)	0.522*	0.067	38	*
Programme médian (4-6 mois)	0.269	0.047	36	*
Programme long (+ de 6 mois)	0.674**	0.048	27	*
Séance courte (15-30 min)	0.176	0.089	11	*
Séance durée modérée (31-45 min)	0.614**	0.052	24	*
Séance longue (46-60 min)	0.466*	0.041	53	*

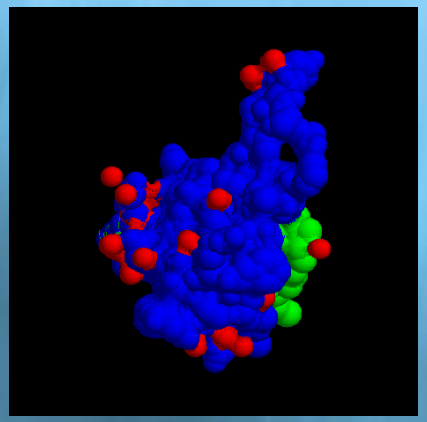
Programme d'AP optimal

Paramètre	Solution conseillée
Durée du programme	Plus de 6 mois
Fréquence des séances	3 fois par semaine ou plus
Intensité des exercices pour le groupe traitement	Entre 60 et 80% de FCR
Intensité des exercices pour le groupe contrôle	Moins de 40% de FCR
Durée des séances	Entre 30 et 45 min à l'intensité cible
Type de séance	Collective (20 personnes maximum) et encadrée par un ou plusieurs spécialistes en APA
Type d'exercices pour le groupe traitement	Exercices de capacité et puissance aérobie et de force musculaire
Type d'exercices pour le groupe contrôle	Exercices de relaxation, de prise de conscience du corps et d'étirement
Type d'activité pour le groupe traitement	Marche soutenue, jogging, natation, cyclisme et musculation
Type d'activité pour le groupe contrôle	Tai Ji Quan, Yoga, Eutonie, Feldenkrais

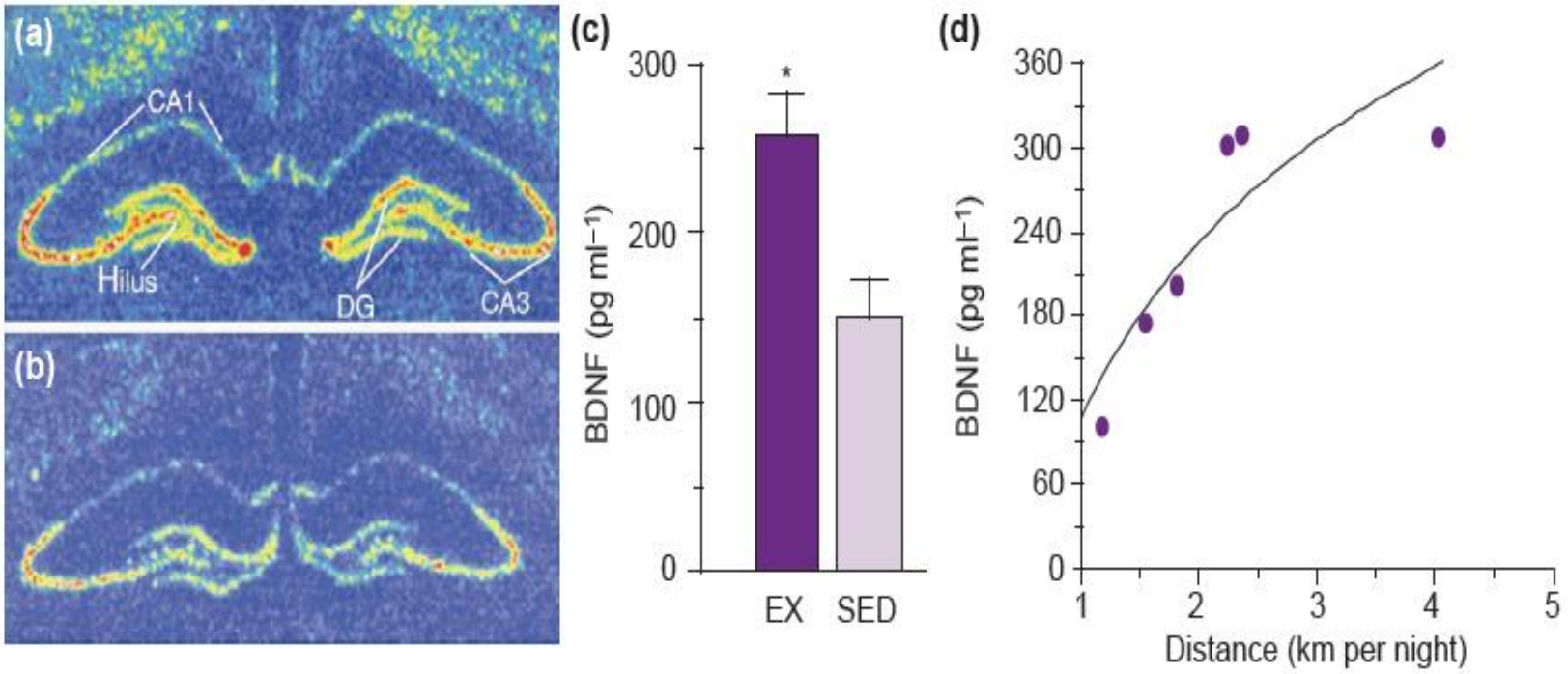
APA : Activités physiques adaptées ; FCR : Fréquence cardiaque de réserve

Partie 5

Mécanismes neurophysiologiques susceptibles de sous-tendre les effets de l'exercice sur la cognition

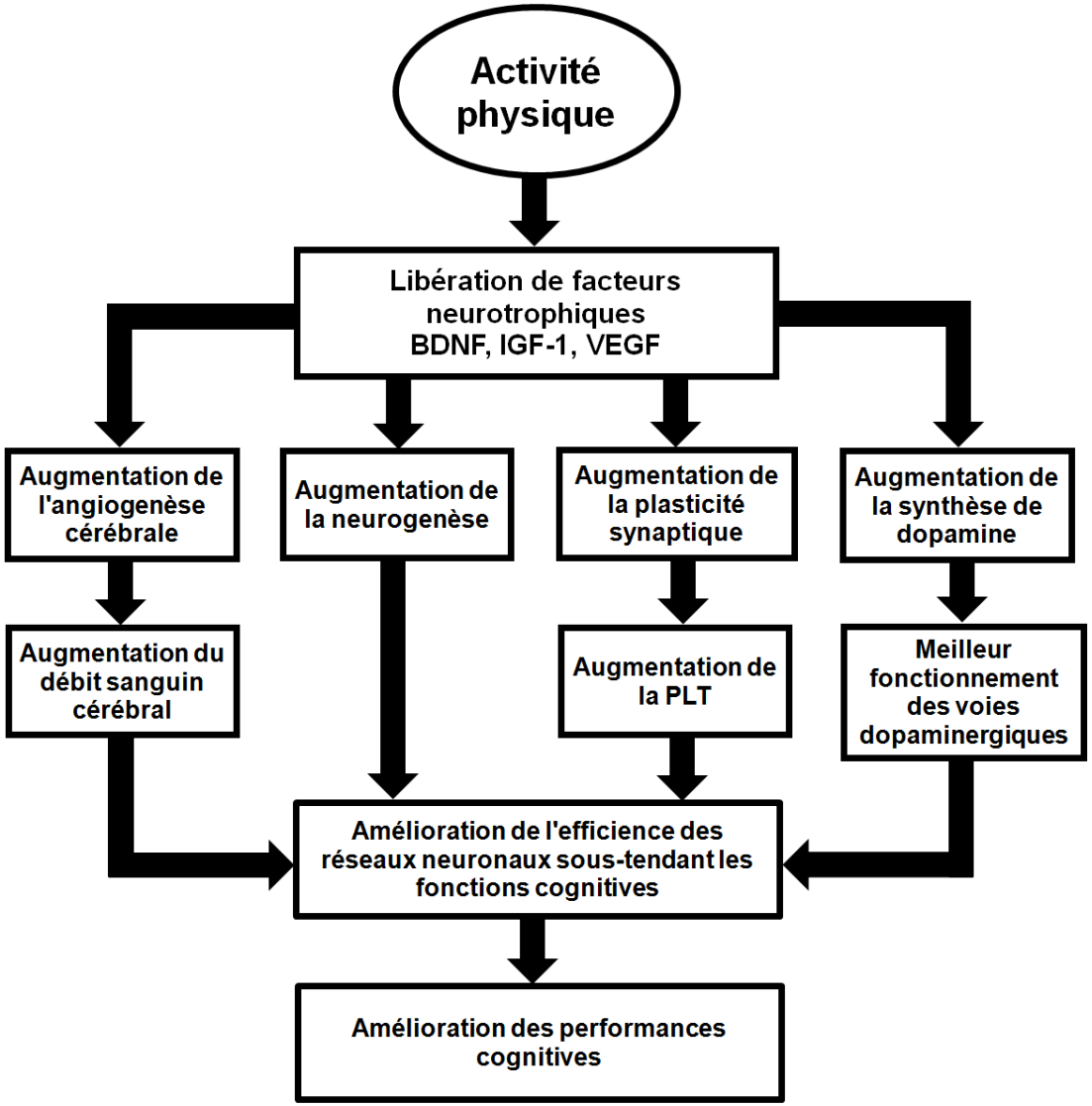


Effet de l'exercice chronique sur la concentration hippocampique de BDNF

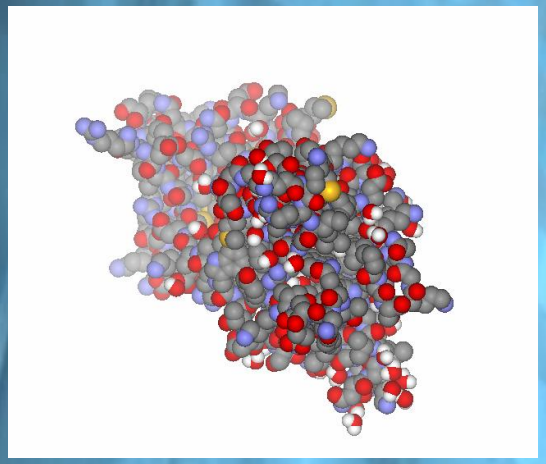


Cotman & Berchtold (2002)

Effet de l'exercice sur la plasticité cérébrale

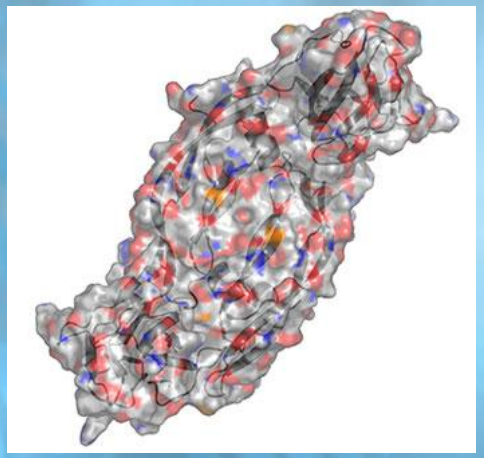


Principaux facteurs neurotrophiques libérés au cours de l'exercice



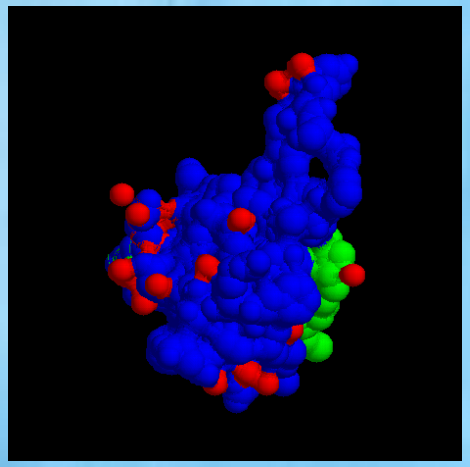
Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)

Facteur neurotrophique dérivé du cerveau



Vascular endothelial-derived growth factor (VEGF)

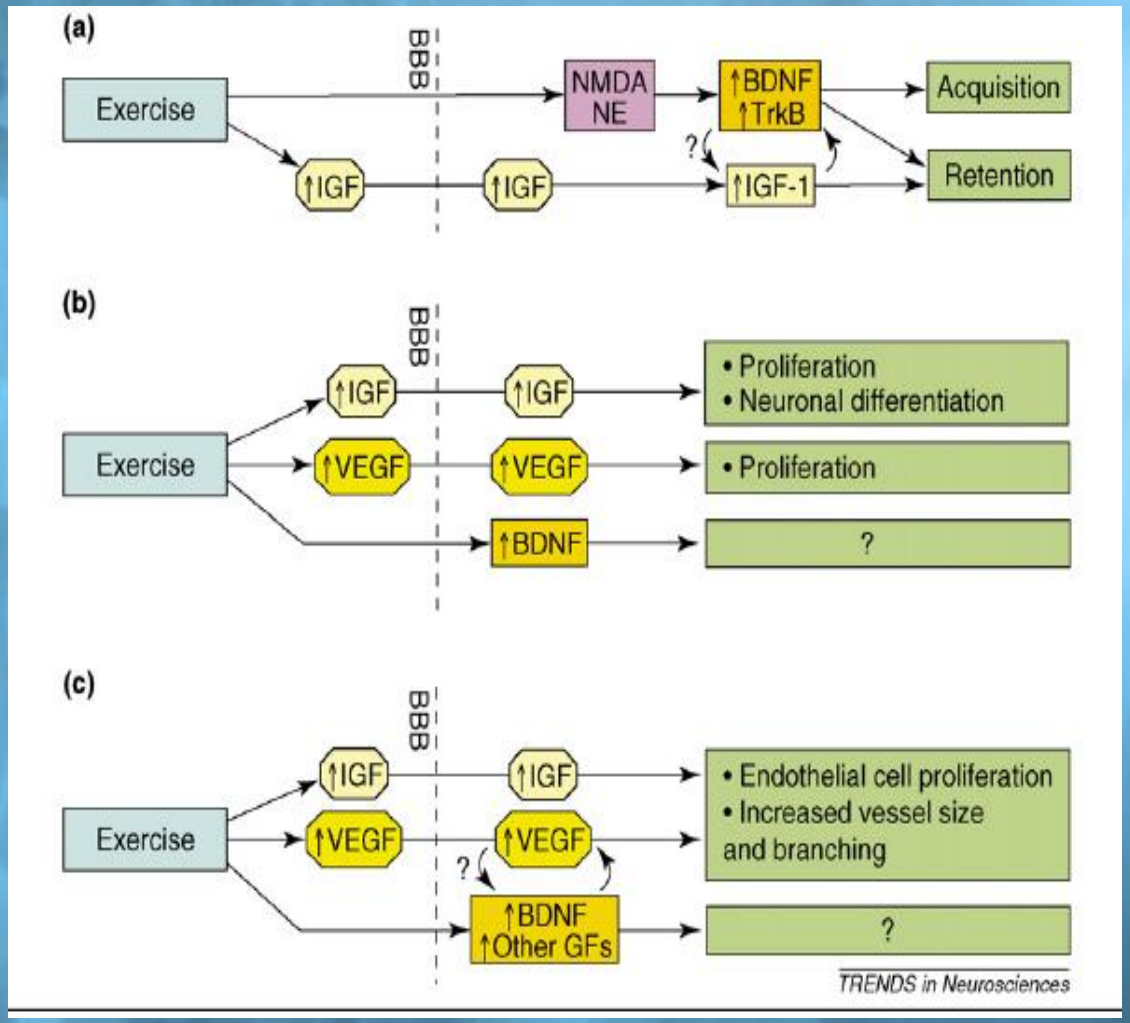
Facteur de croissance de l'endothélium vasculaire



Insulin-like growth factor 1 (IGF-1)

Facteur de croissance 1 de l'insuline

Exercice, apprentissage, neurogenèse et angiogenèse



Cotman, Berchtold, & Christie (2007)

Autres mécanismes possibles

- La pratique régulière d’une activité physique d’intensité soutenue développe des stratégies métacognitives (e.g., gestion de l’effort) qui aident les seniors à réaliser plus facilement les tâches exécutives coûteuses en effort mental.
- La pratique régulière d’activités physiques qui nécessitent des prises de décision en temps limité (sports collectifs, sports de raquette, sports de combat, course d’orientation) améliore les fonctions exécutives; gain qui peut être transféré dans des tâches exécutives de laboratoire.
- La pratique régulière d’une activité physique augmente la réserve cognitive et le sentiment d’efficacité personnelle; variables qui peuvent entraîner des améliorations des performances cognitives.

Conclusions

1. L'existence d'un effet positif de la pratique régulière d'une activité physique sur la santé cérébrale et cognitive des seniors n'est aujourd'hui plus discutée.
2. De nombreux essais contrôlés randomisés confirment le lien de cause à effet entre l'exercice chronique et l'amélioration des performances cognitives.
3. La taille de l'effet, bien que faible à modérée, atteste de l'intérêt scientifique qui doit être porté à ce phénomène.

Conclusions

4. L'ensemble des mécanismes neurophysiologiques envisagés pour expliquer cet effet prophylactique de l'activité physique sur la plasticité cérébrale atteste de son caractère plausible et rationnel.

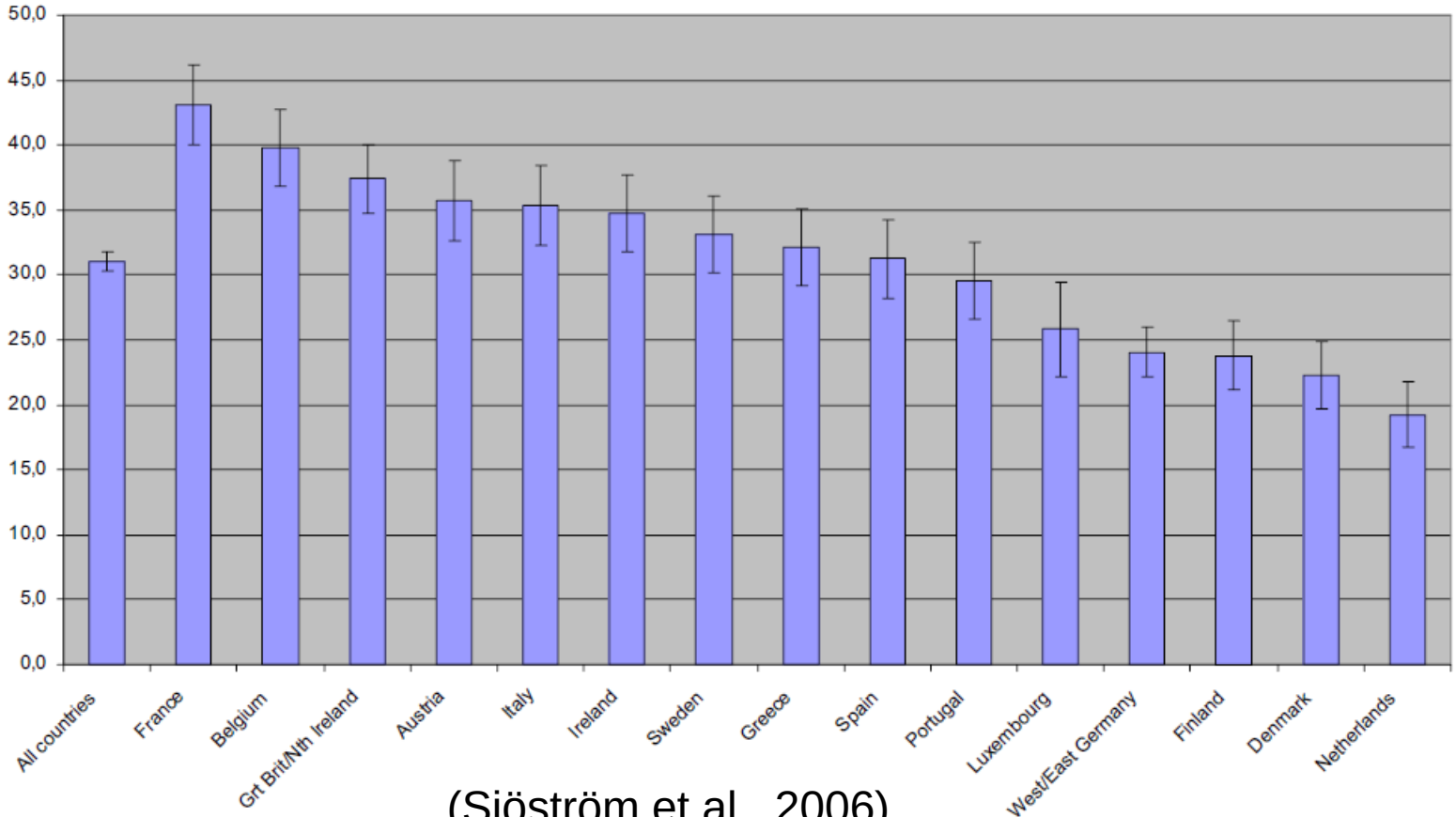
5. Les conséquences très positives qu'il semble induire :
   - ✓ sur la préservation de l'autonomie des seniors,
   - ✓ sur le ralentissement du vieillissement cérébral pathologique et non pathologique,
   - ✓ sur la réduction des risques d'apparition de neuropathologies liées au vieillissement cérébral,
   - ✓ et sur l'amélioration de la qualité de vie

montrent également tout son intérêt sur le plan clinique, économique et social.

Partie 6

Barrières à l’activité physique
&
Stratégies motivationnelles permettant d’adopter et de maintenir une activité physique

Prévalence de la sédentarité



(Sjöström et al., 2006)

Barrières à l'activité physique

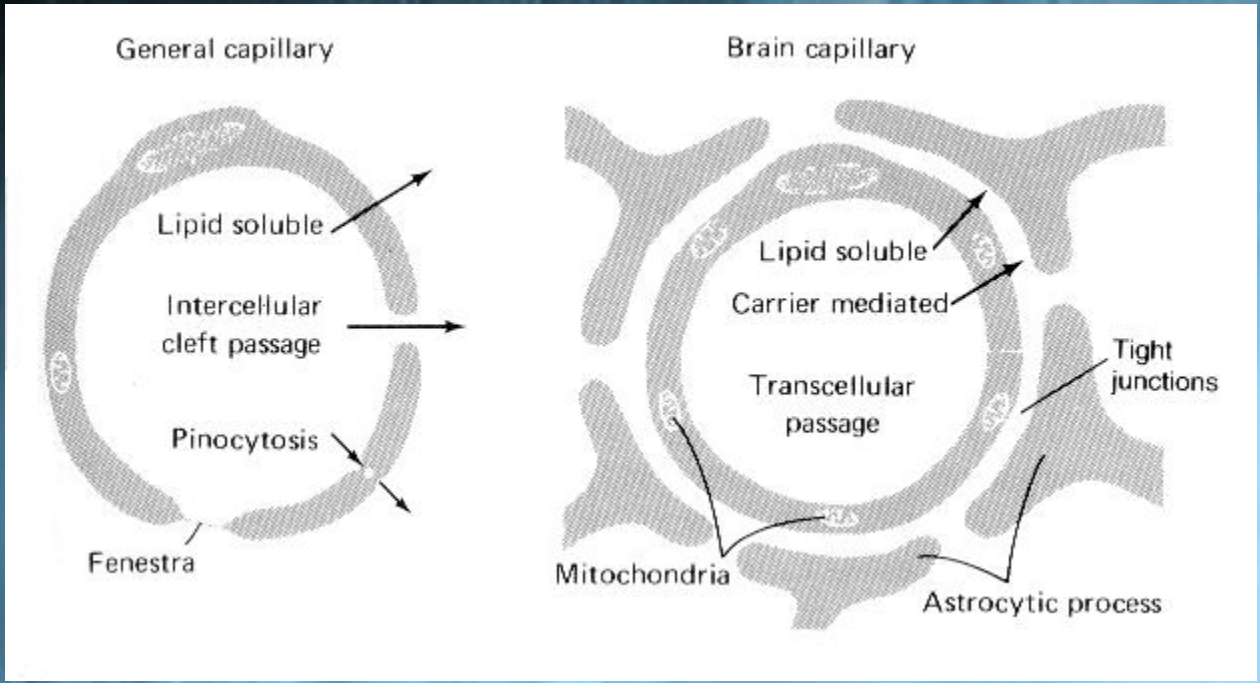
- **Domaine intra-personnel**
  - ✓ Manque de temps
  - ✓ Manque de motivation personnelle, d'énergie
  - ✓ Peur de se blesser
- **Domaine inter-personnel**
  - ✓ Pas de partenaire pour faire de l'exercice
  - ✓ Jalousie du mari
- **Domaine sociétal / environnemental**
  - ✓ Accès aux installations / terrains difficile
  - ✓ Mauvais temps
  - ✓ Manque de sécurité

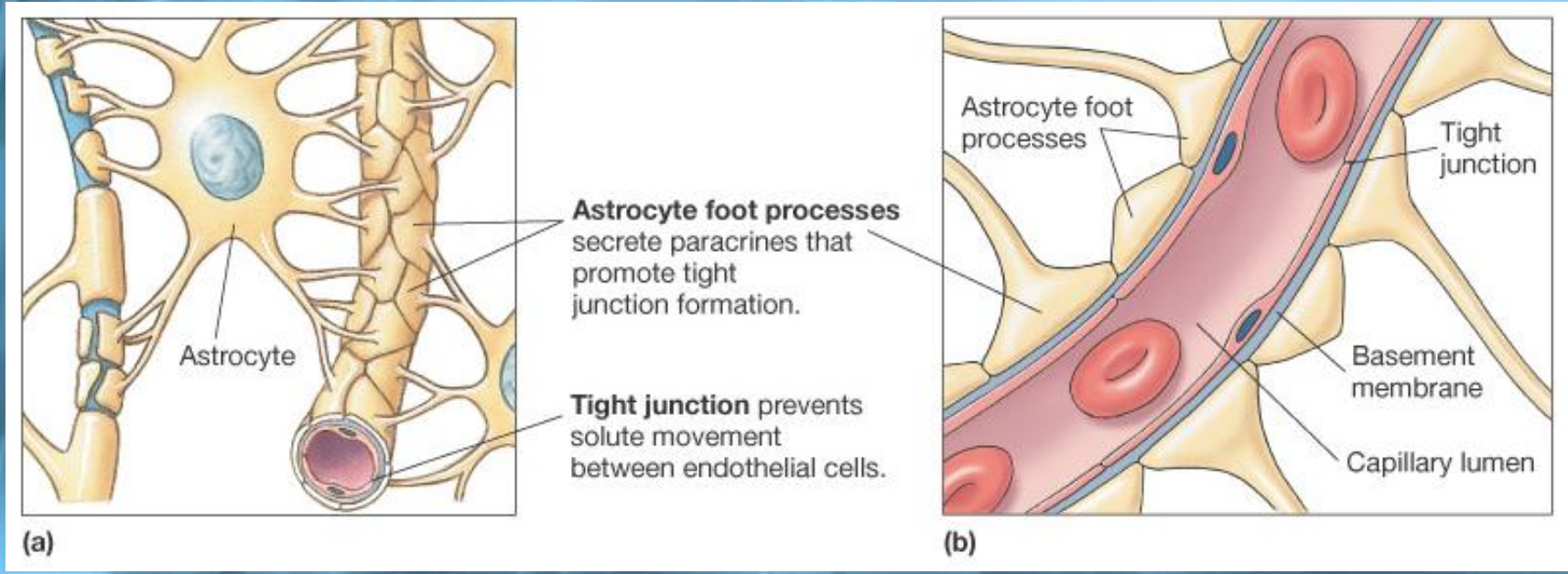
Stratégies motivationnelles

- **Théorie socio-cognitive** (Bandura, 1986)
  - **Sentiment d'efficacité personnelle**
  - **Perceptions des coûts et bénéfices de la pratique**
  - **Soutien social**
- **Modèle transthéorique** (Prochaska & DiClemente, 1983)
  - **Feedback apportés à la personne**
- **Théorie de la volonté** (Heckhausen,1991)
  - **Opérationnalisation des intentions**
  - **Efficacité personnelle vis-à-vis de la « rechute »**
- **Théorie de l'autodétermination** (Deci & Ryan, 2002)
  - **Satisfaction du besoin d'affiliation**
  - **Satisfaction du besoin d'autonomie**

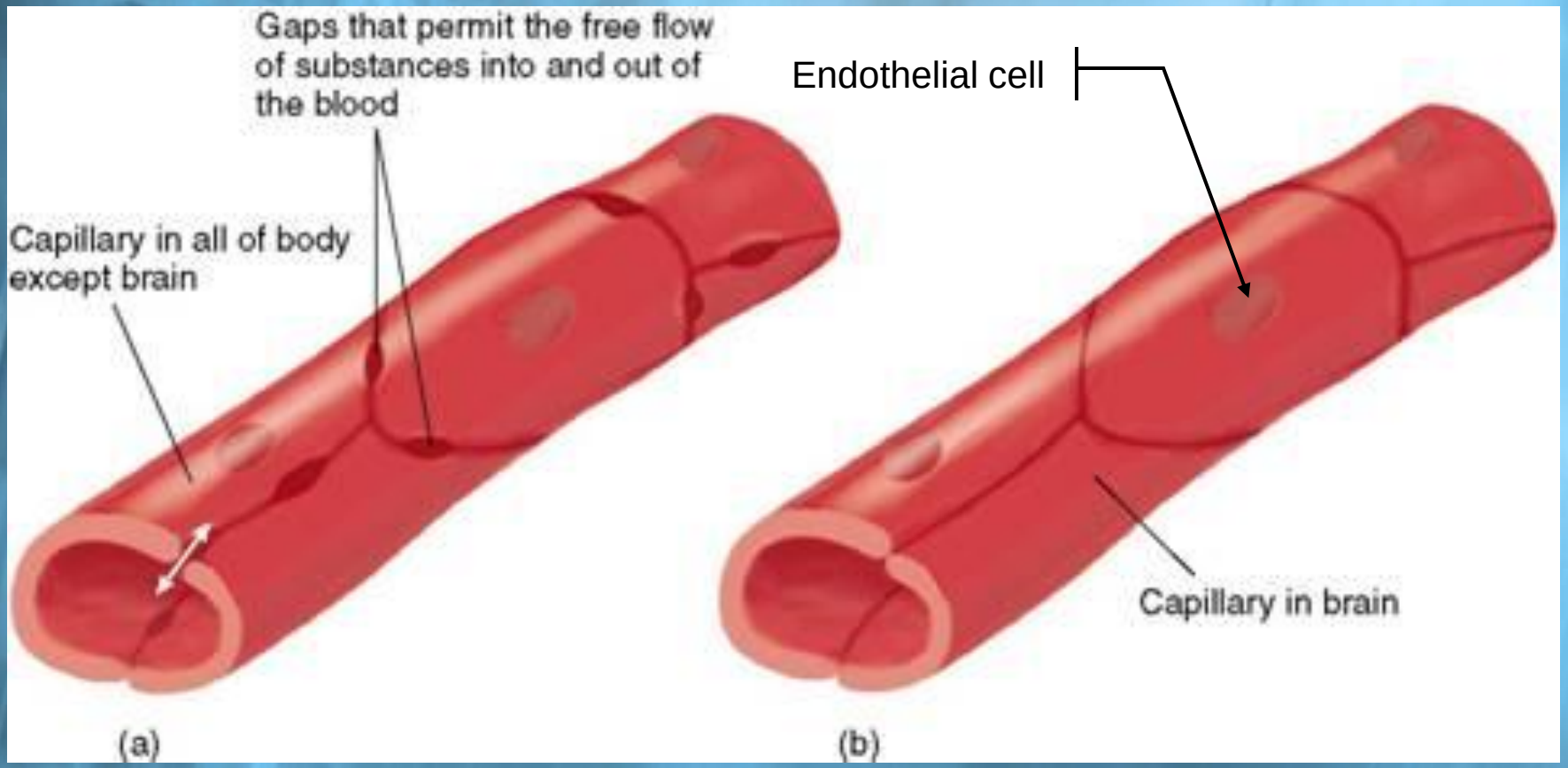
Merci de votre attention

Les capillaires cérébraux

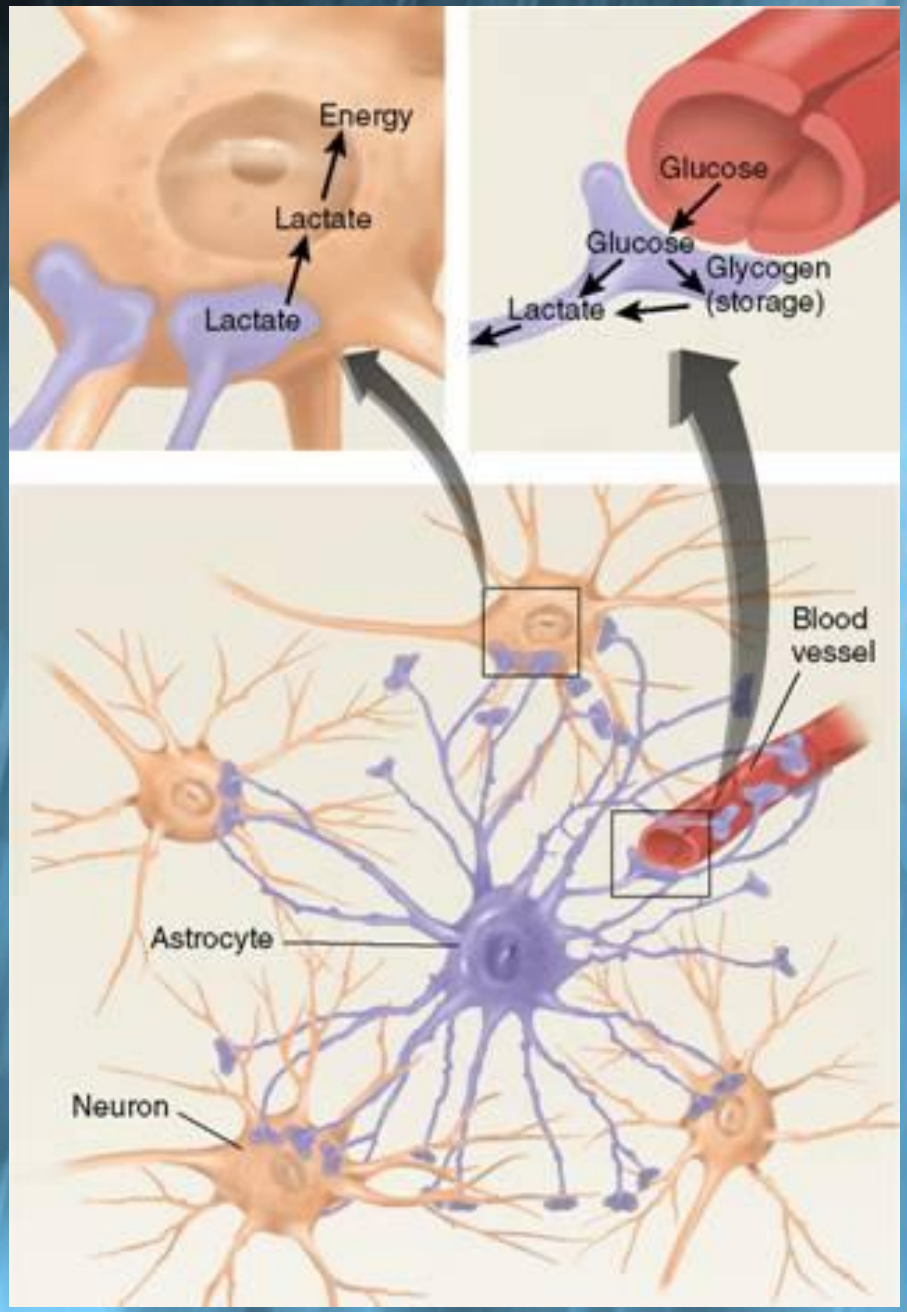


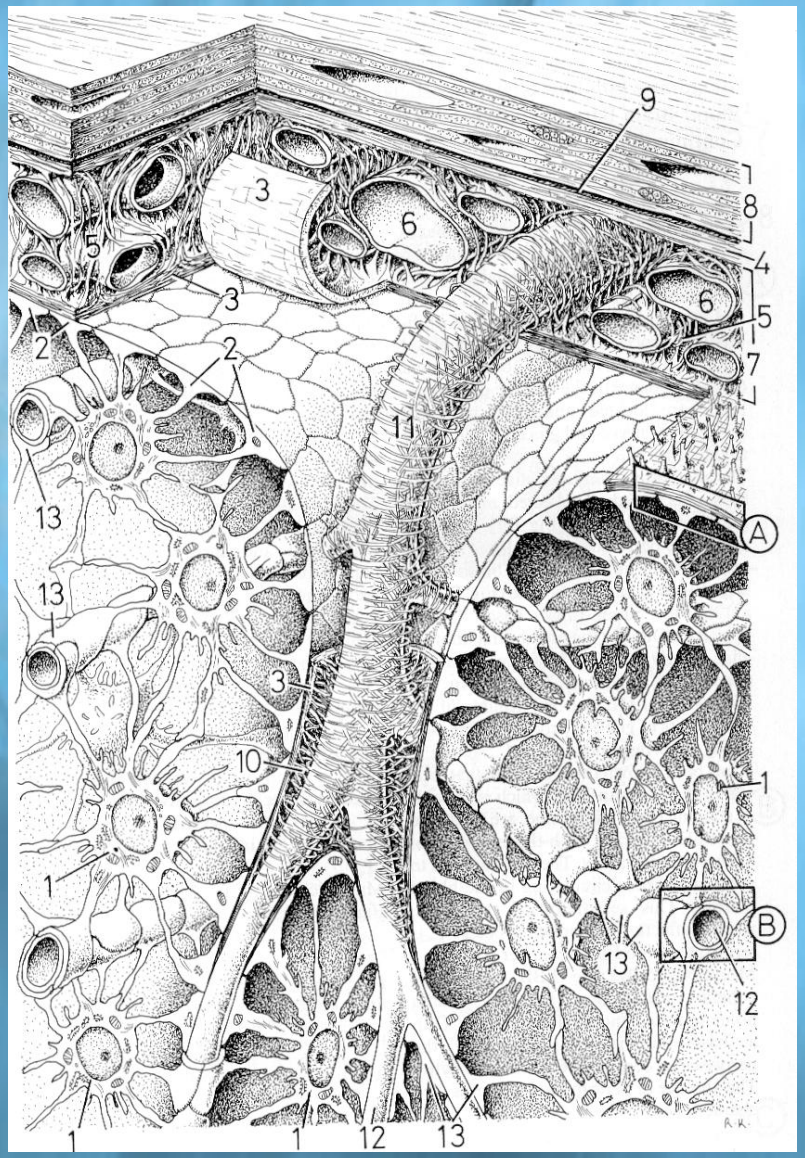


Barrière hématoencéphalique
(Blood Brain Barrier)



Les Astrocytes





Krstic, 1984