



**L'ACTIVITÉ PHYSIQUE et LE SPORT**  
**« AU CŒUR » DE LA SANTE**

**Ben Ezzeddine Lamia /Georges cazorla**

Maitre de conférences (HDR)

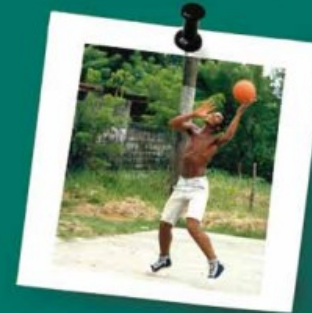
# POUR ÊTRE LES ENSEIGNANTS DU SPORT LES MIEUX DOCUMENTÉS !



ORGANISATION DES PARCOURS

Guide de  
promotion, consultation et prescription  
médicale d'activité physique et sportive  
pour la santé  
chez les adultes

Septembre 2018



RECOMMANDATIONS  
MONDIALES  
SUR L'ACTIVITÉ  
PHYSIQUE  
POUR LA SANTÉ

2010



*Diplôme d'Université de Médecine du Sport de Marrakech*

**L' APS AU « CŒUR » DE LA SANTE**

**Décembre 2022**

**Georges CAZORLA**

cazorlageorges@gmail.com



*Association pour la Recherche et l'Évaluation en Activité Physique et en Sport*

*[areaps33@gmail.com](mailto:areaps33@gmail.com) web : [areaps.org](http://areaps.org)*

# PLAN DE L'EXPOSÉ



1 - De constats alarmants de la sédentarité ...

2 - ...aux bénéfices d'une pratique régulière des APS

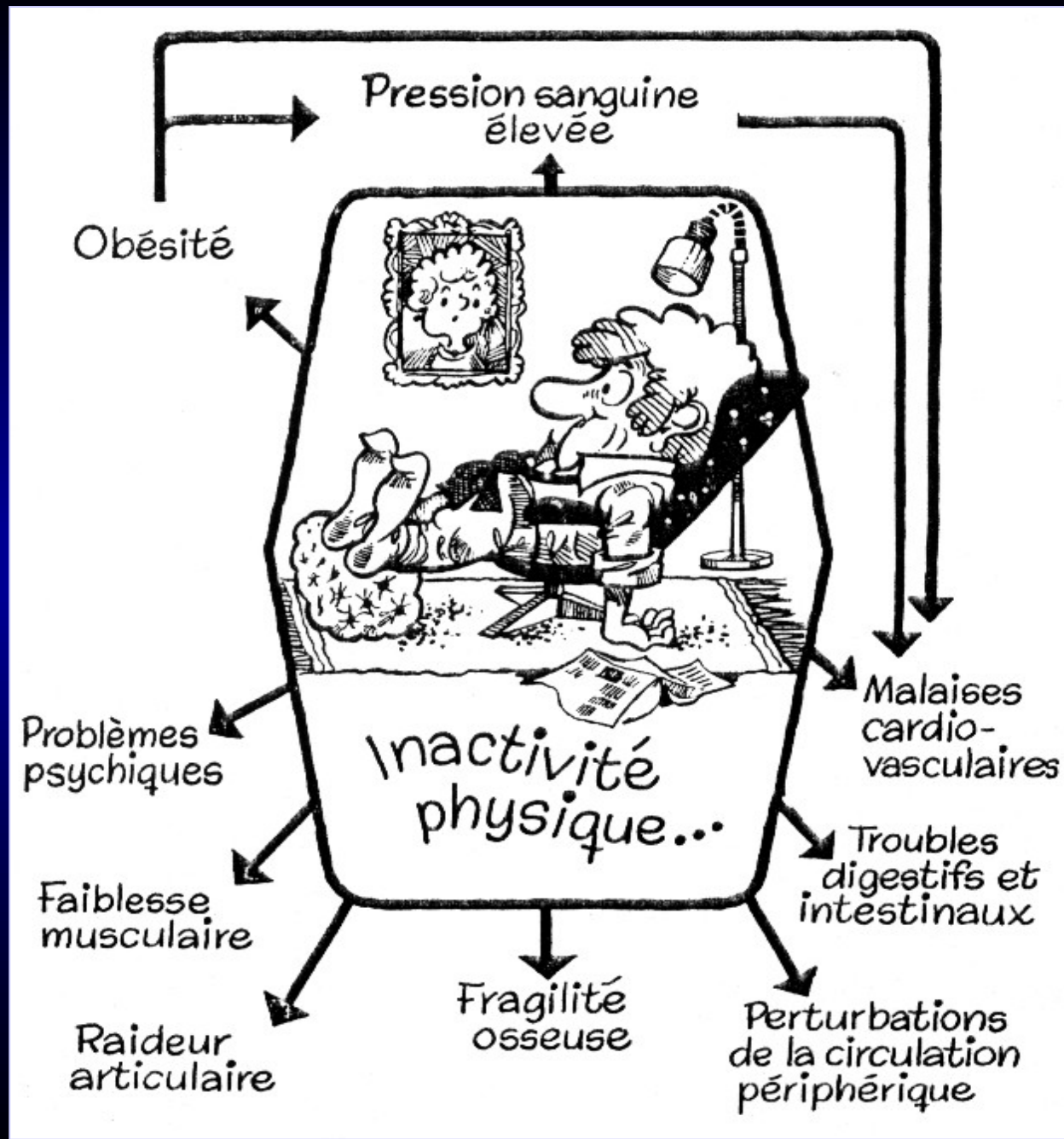
*Ce que l'on connaissait...*

3 - comment en comprendre les mécanismes biologiques ?

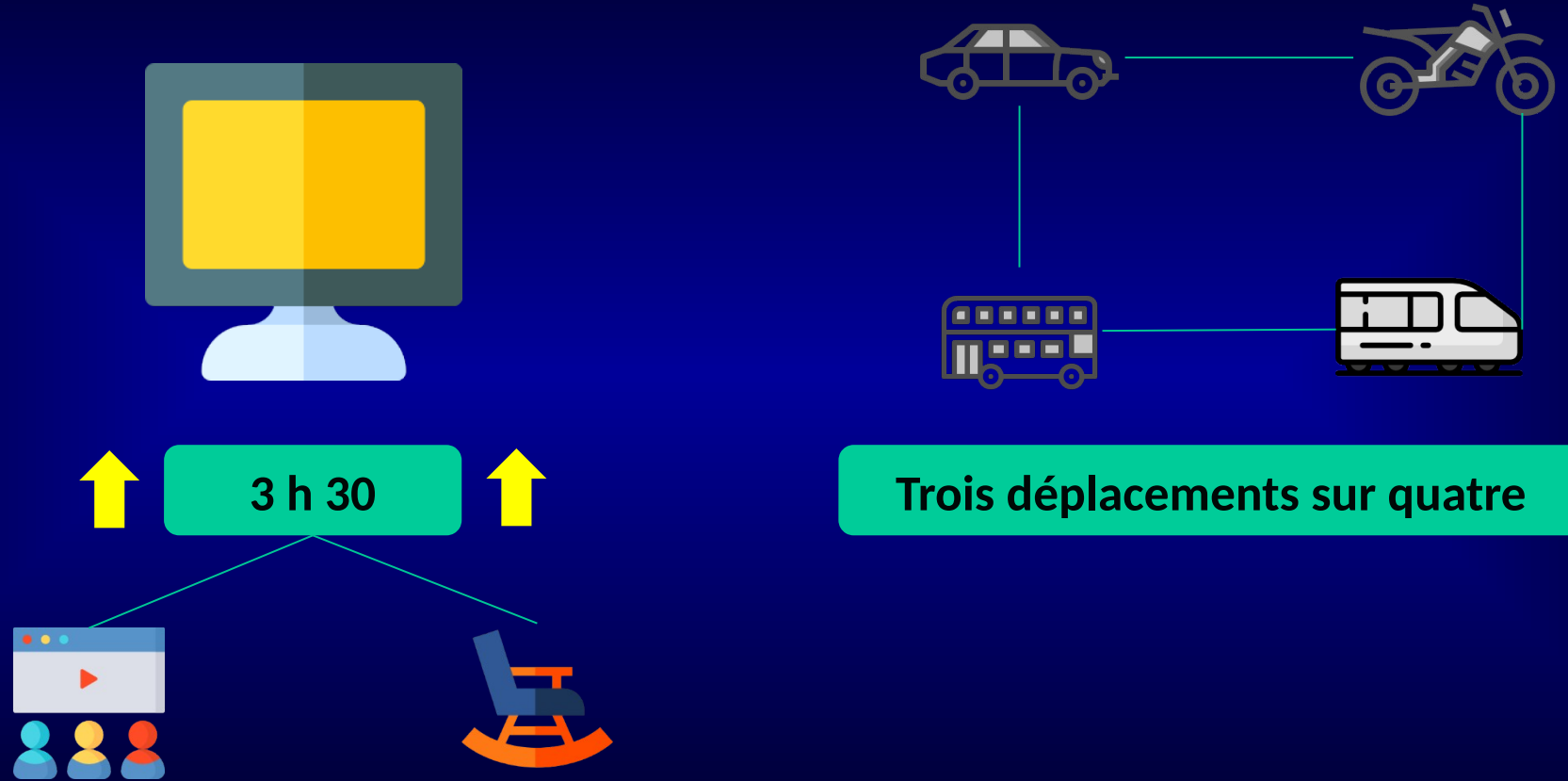
*Ce que l'on découvre actuellement !*

4 - quelles APS pour stimuler la production de myokines ?





## Qui sont les coupables ?



Référence : Onaps. Observatoire National de l'Activité Physique et de la sédentarité. Bulletin trimestriel « Debout l'info », Juin 2016. p.8

## Mortalité liée à l'inactivité physique/sédentarité VS tabac dans le monde



5,3 millions

†



5,1 millions

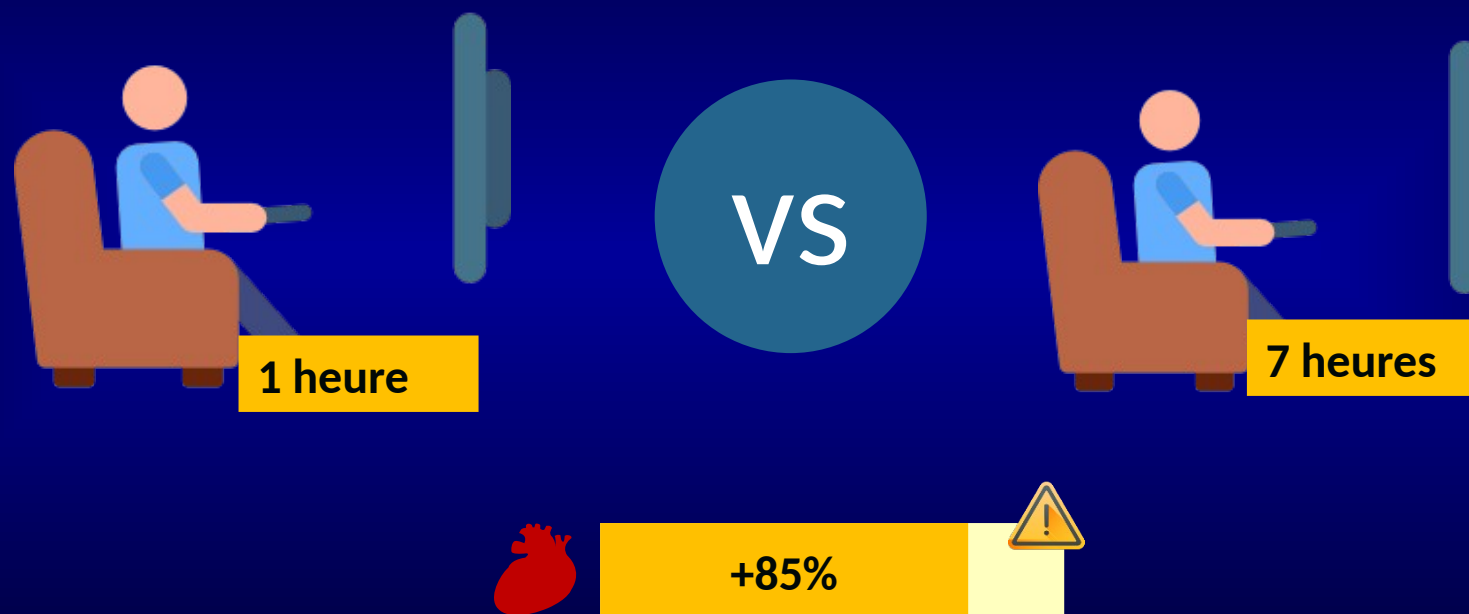
†

Nombre de décès dans le monde  
attribuables à la sédentarité  
ou à l'inactivité physique\*

Nombre de décès dans le monde  
attribuables à la consommation  
de tabac\*

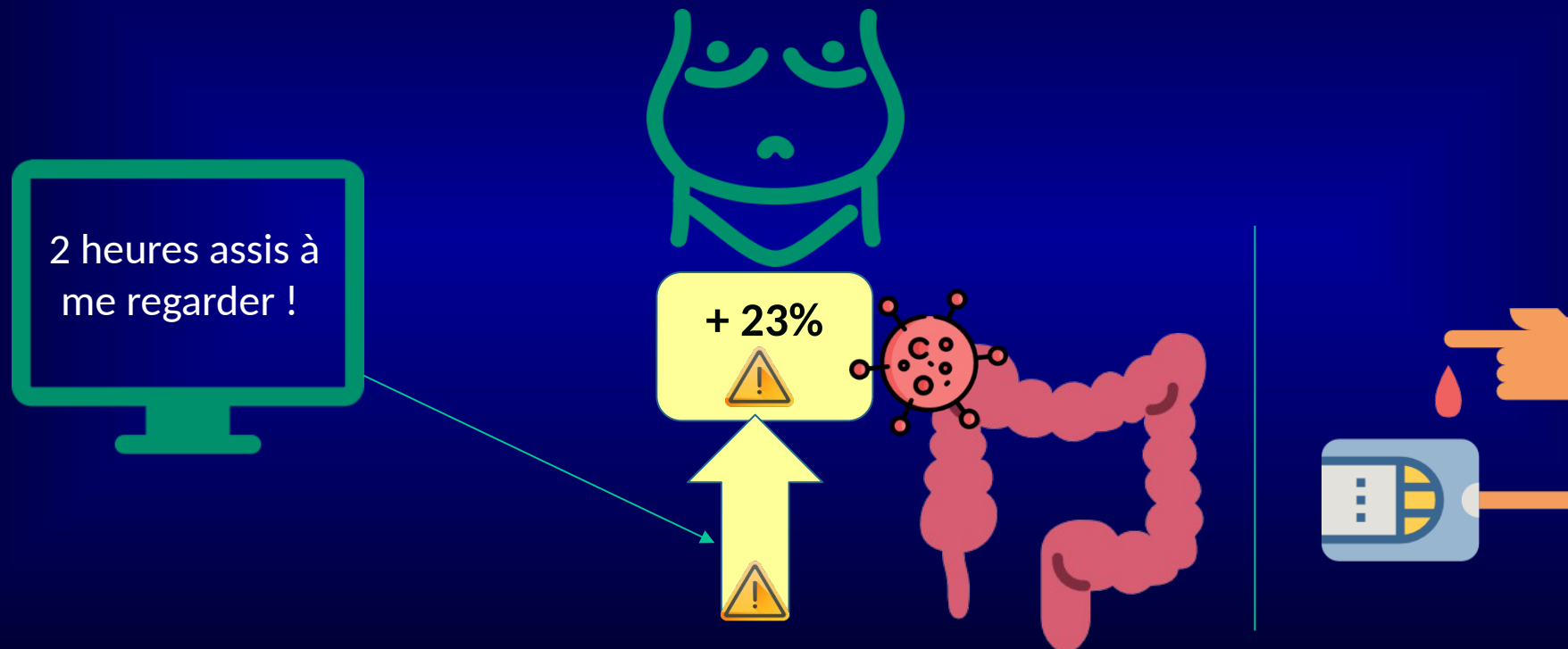
Référence : Wen CP, Wu X. Stressing harms of physical inactivity to promote exercise. Lancet 2012;380:192-3

## Augmentation du risque cardiovasculaire



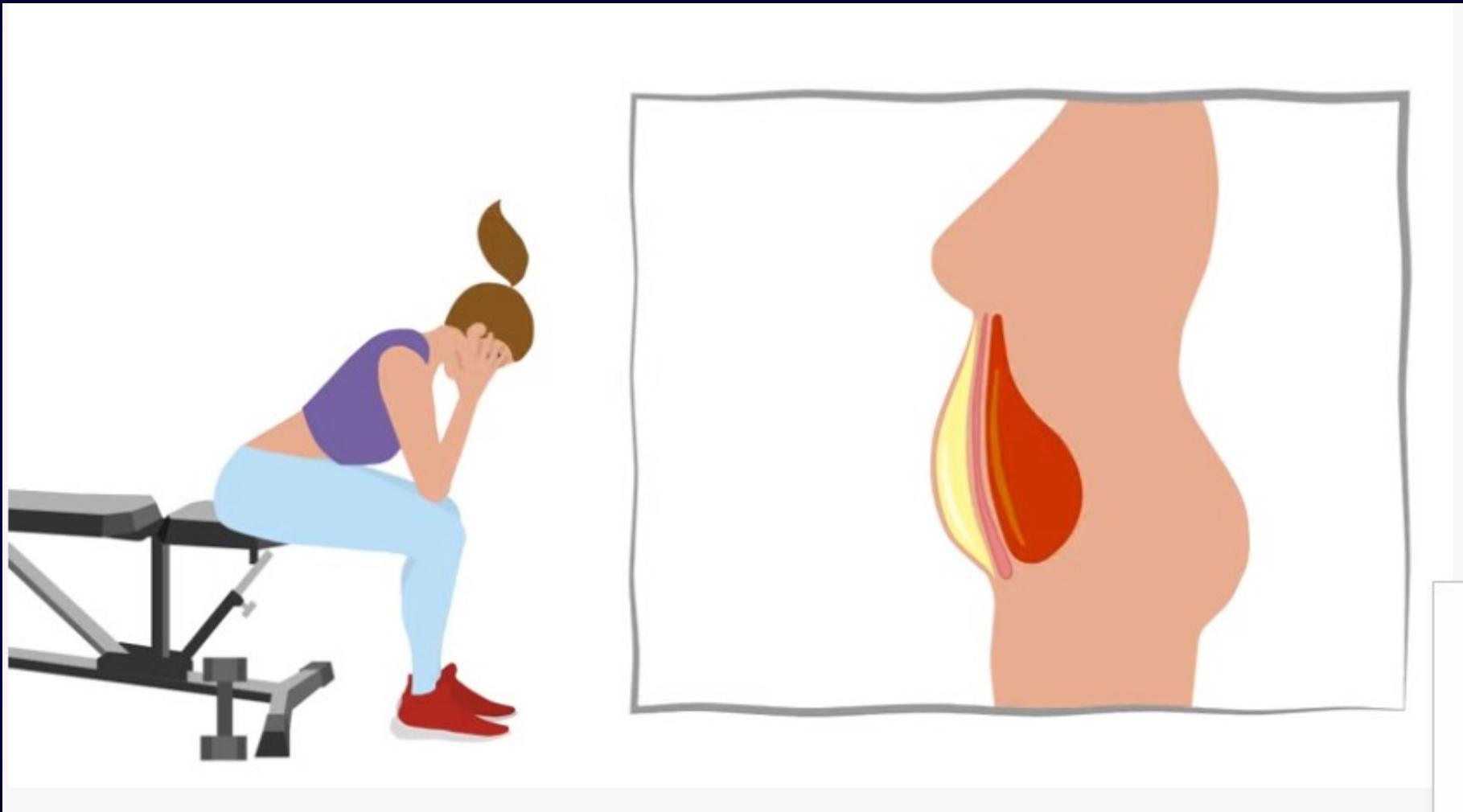
Référence : Anses. Actualisation des repères du PNNS - Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité. 2016. P.8.

## Augmentation du risque de maladies chroniques



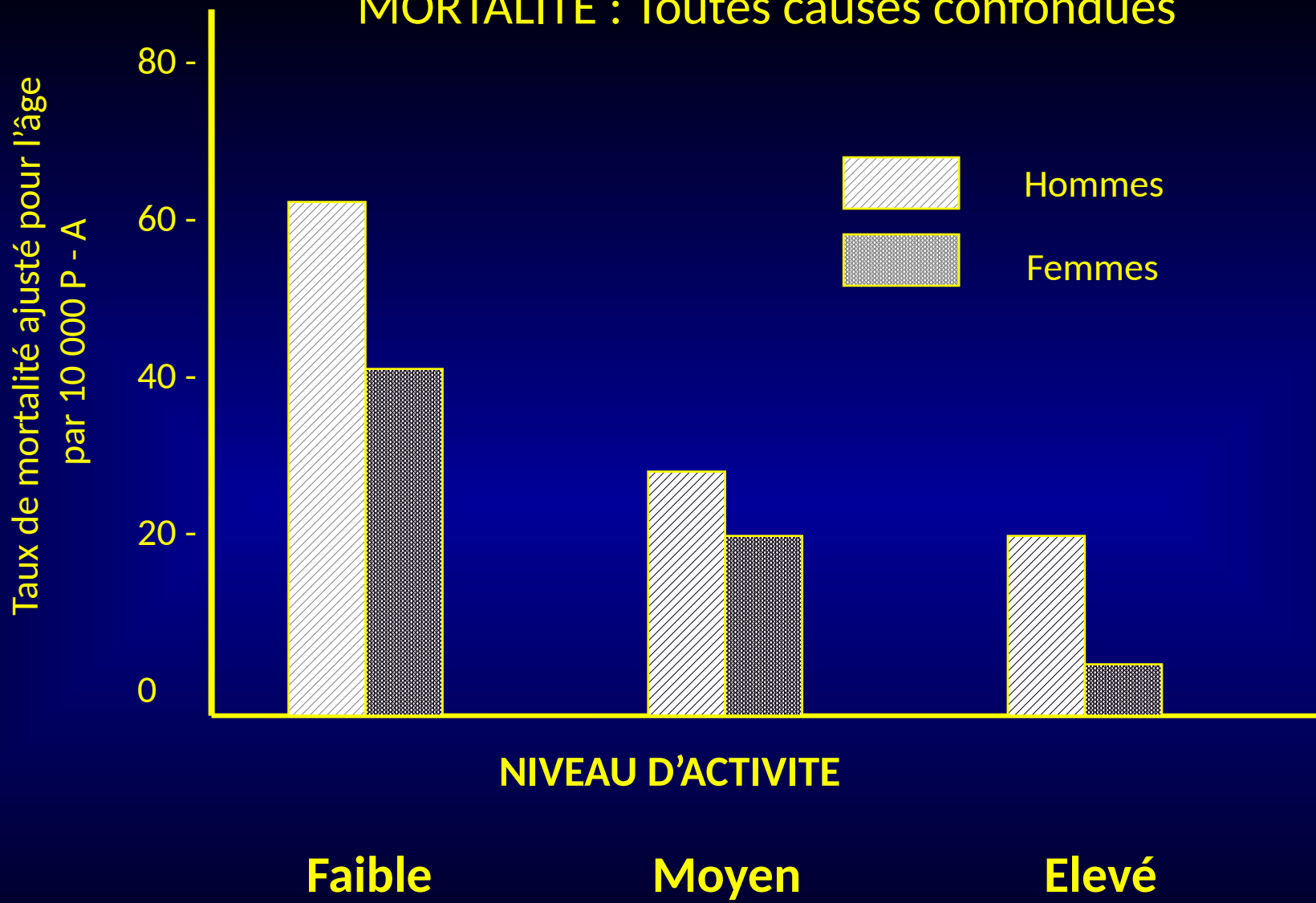
Références : INSERM, Expertise collective. Activité physique - Prévention et traitement des maladies chroniques. Synthèse et recommandations. Éditions EDP Sciences, 2019

Onaps. Observatoire National de l'Activité Physique et de la sédentarité. Bulletin trimestriel « Debout l'info », Juin 2016. P.2.



AVEC COMME CONSÉQUENCES...

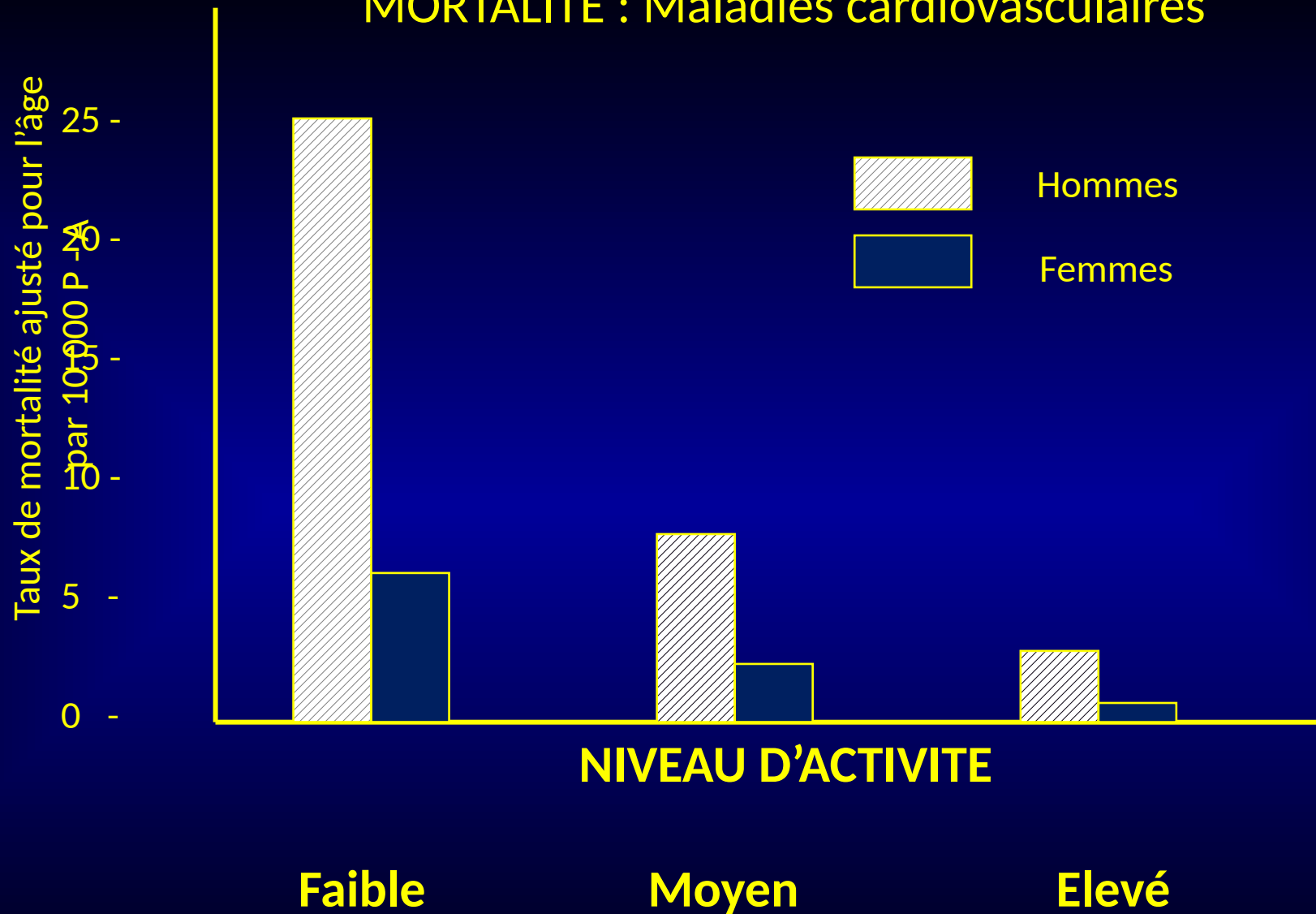
# MORTALITE : Toutes causes confondues



Relation inverse entre le niveau de pratique et le taux de mortalité sur 10 000 personnes-années (P - A). Adapté de Blair, 1990.

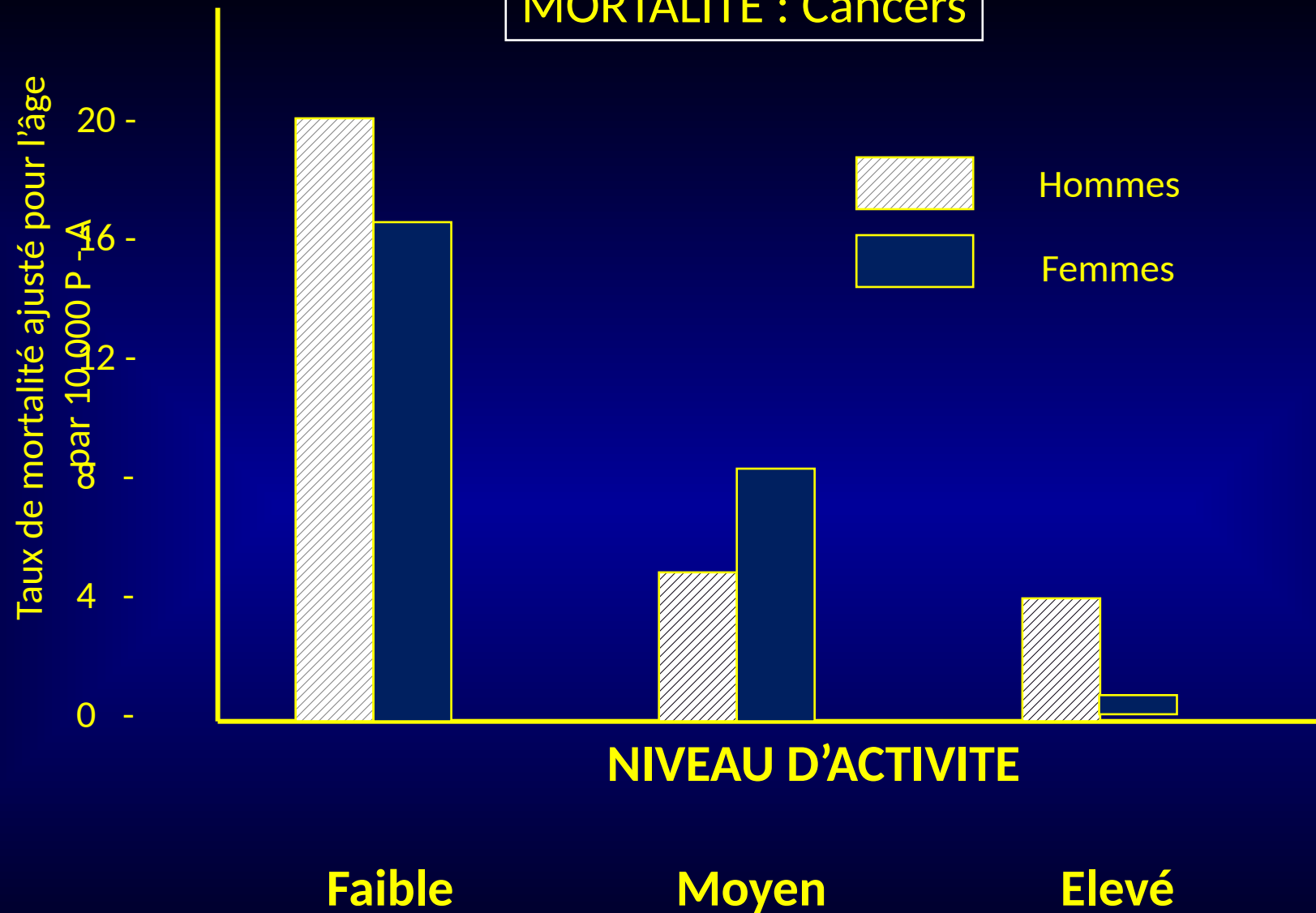


# MORTALITE : Maladies cardiovasculaires



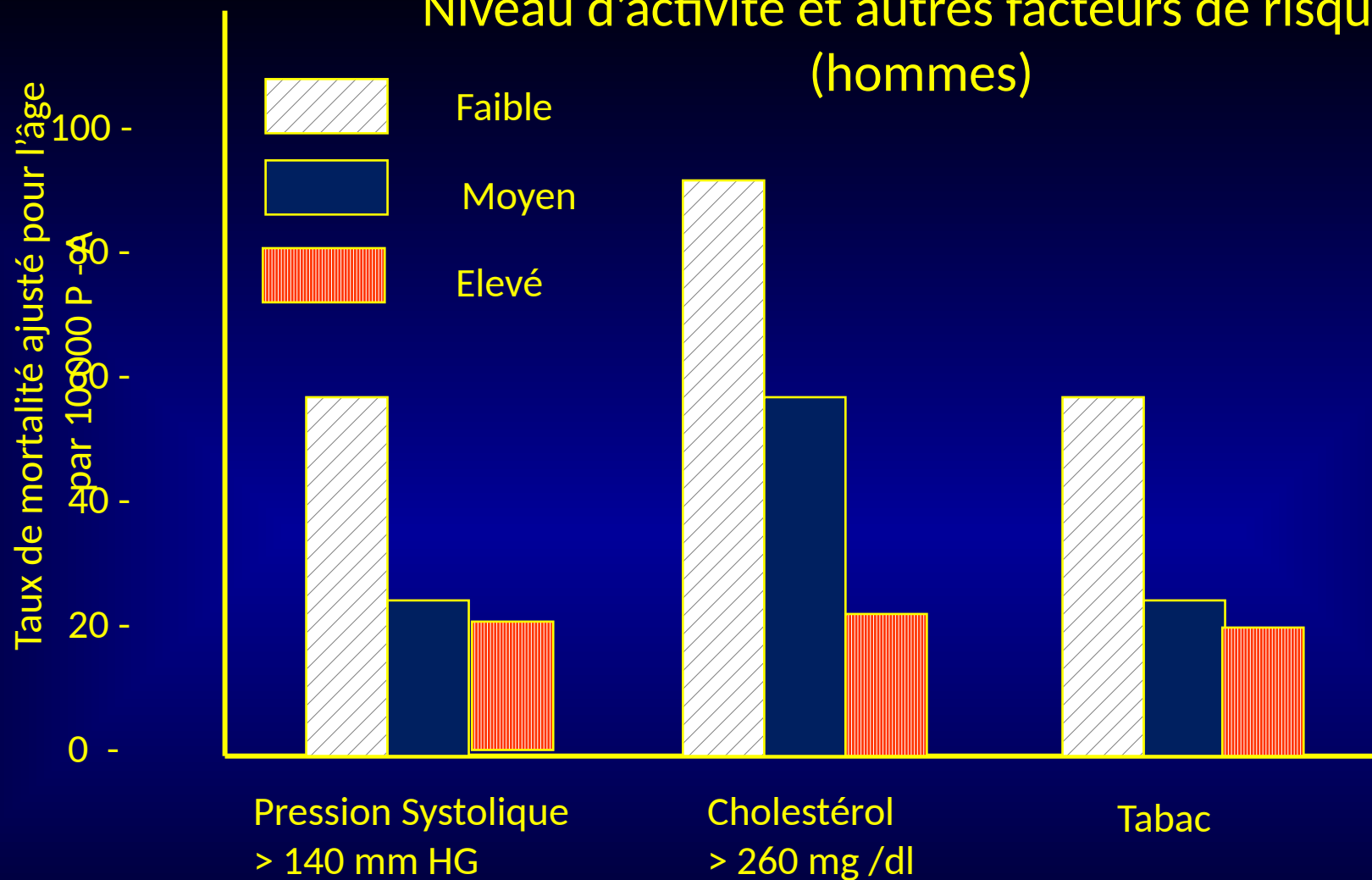
Relation inverse entre le niveau de pratique et le taux de mortalité sur 10 000 personnes-années (P - A). Adapté de Blair, 1990.

## MORTALITE : Cancers



Relation inverse entre le niveau de pratique et le taux de mortalité sur 10 000 personnes-années (P - A). Adapté de Blair, 1990.

## Niveau d'activité et autres facteurs de risques (hommes)



Relation inverse entre le niveau de pratique et le taux de mortalité sur 10 000 personnes-années (P - A). Adapté de Blair, 1990.

# PLAN DE L'EXPOSÉ

1 - De constats alarmants de la sédentarité ...



2 - ...aux bénéfices d'une pratique régulière des APS

*Ce que l'on connaissait...*

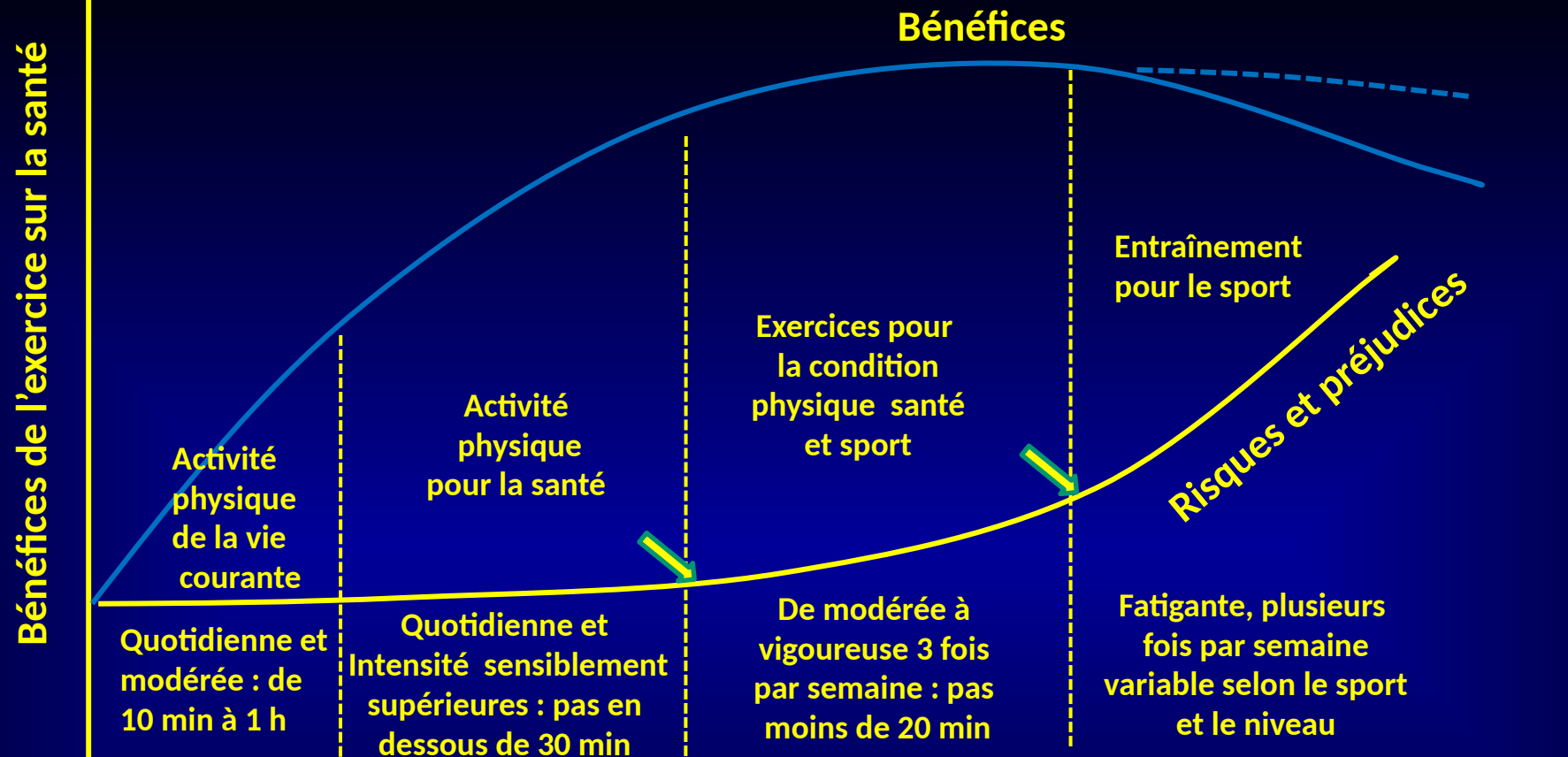
3 - comment en comprendre les mécanismes biologiques ?

*Ce que l'on découvre actuellement !*

4 - quelles APS pour stimuler la production de myokines ?

***II ) Bénéfices d'une pratique régulière  
des APS***

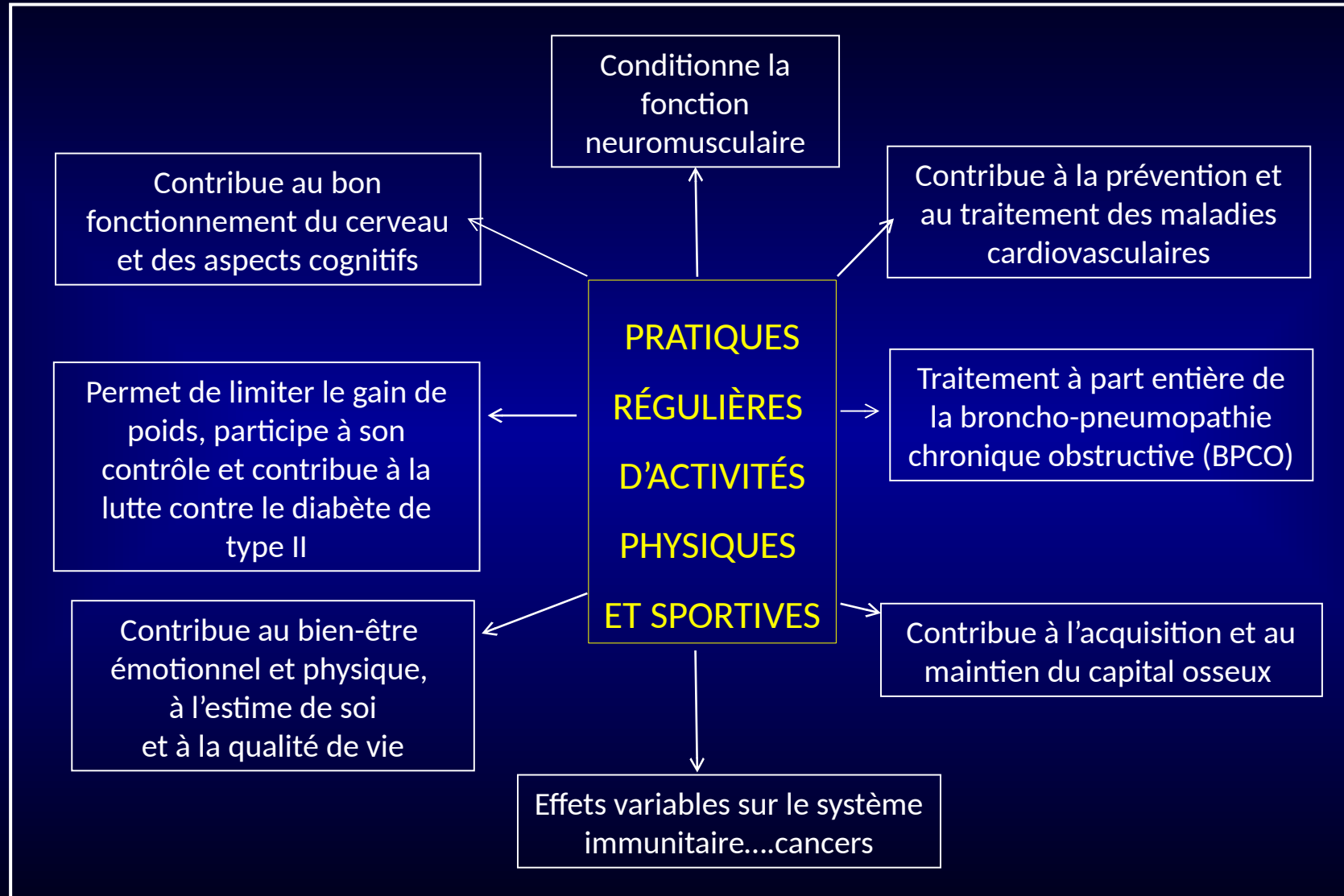
**CE QUE L'ON CONNAIT DÉJÀ...**



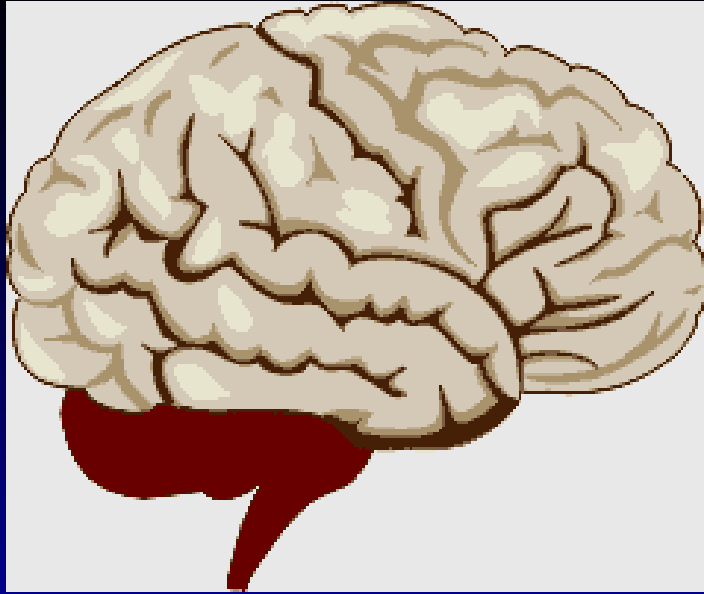
## Risques et bénéfices en relation avec les niveaux d'activité physique

Modifié, d'après Van Sluijs et al. (2003) in : Perspectives on health and exercise . Ed. McKenna and Riddoch (UK)

## Ubiquité des bienfaits de la pratique régulière de l'activité physique



↑ APS →



Effets des AP sur les fonctions du cerveau et les aspects cognitifs

1- Sur l'anxiété et la dépression

2- sur le bien-être

3- sur les fonctions cognitives



## ***1- Sur l'humeur, l'anxiété et la dépression***

L'entraînement physique est significativement associé à la réduction des traits d'anxiété et à ses indicateurs physiologiques et peut réduire la prévalence de la dépression sur de grandes populations.

## 2- sur le bien-être ressenti après des exercices de longue durée peu et moyennement intenses (action des endorphines ? )

Comme il est bien admis, l'action des endorphines peut-elle expliquer la notion de bien-être induite par l'exercice musculaire de longue durée ?

L'action exclusive de ce mécanisme a été mise en doute sous l'effet de l'administration de la naloxone (blocage des récepteurs des endorphines).

Et ce blocage pharmacologique de l'action des endorphines ne modifie pas les effets comportementaux résultant de l'exercice musculaire.

Aujourd'hui nous savons que les axes neurochimiques influencés par l'exercice musculaire sont en outre :

- l'axe sérotoninergique,
- les voies dopaminergiques
- et le métabolisme du GABA : acide  $\gamma$ -aminobutyrique :  $C_4H_9NO_2$

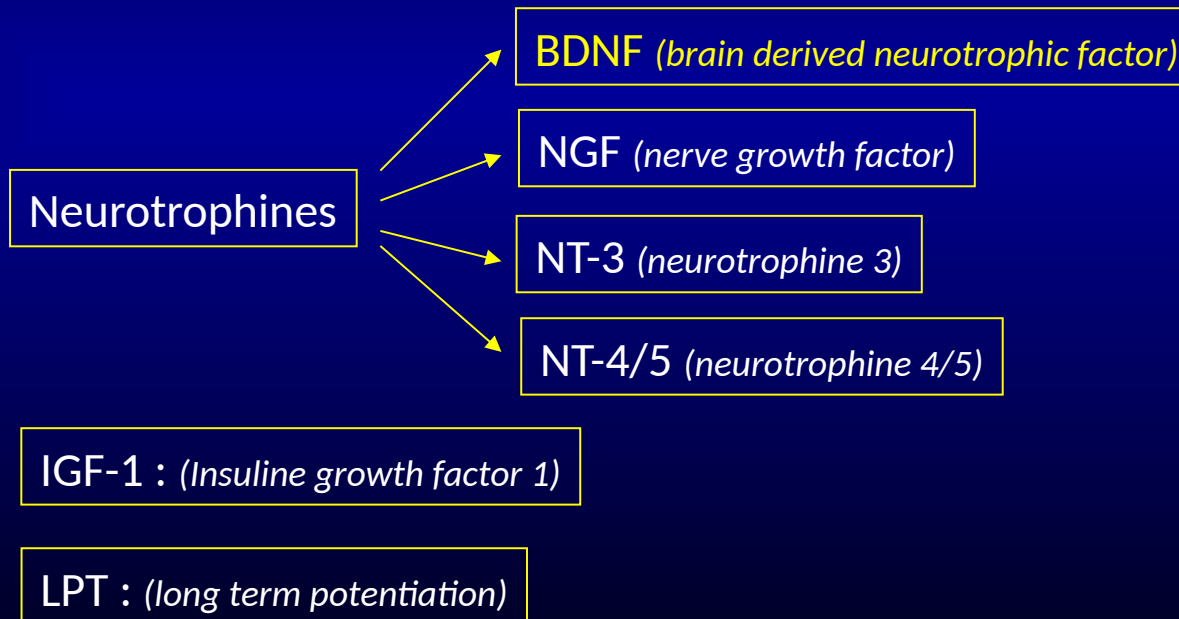
### 3 ) Sur les fonctions cérébrales et cognitives

- ^ du **BDNF** + ^ **NGF** = ^ plasticité synaptique ( ^ synaptogénèse) + ^ neurogénèse
- ^ **IGF-1** = Effets médiateurs : ^ l'entrée du calcium, du glucose au cours de l'exercice musculaire , ^ angiogénèse = ++ O2;
- Abaisse le seuil d'induction de **la LPT**

**AP** =

Ce que l'on savait...

**AP** =

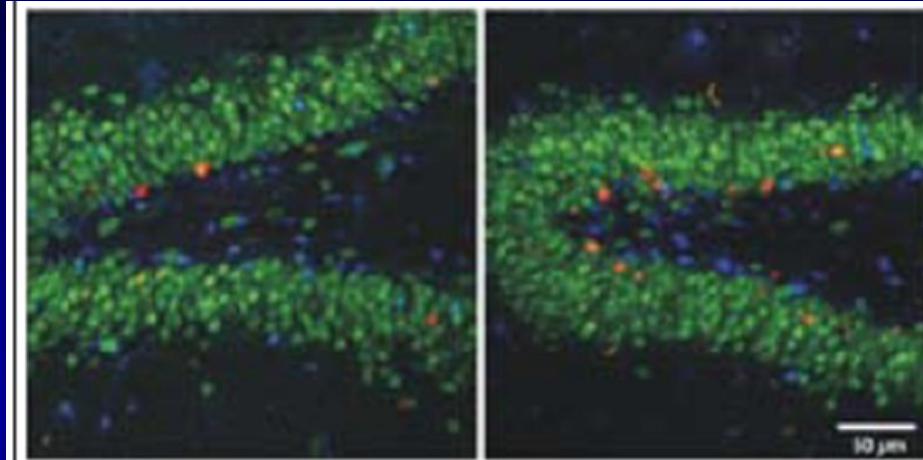


Références :

Marty, 2003; Vaynman, 2004, 2006; Van Praag et al. 1999; Carro et al., 2000; 2001; Farmer et al., 2004; Gomez-Pinilla et al., 2001; Ploughman et al. 2007.

## Activité physique et neurogénèse

La stimulation par le BDNF augmente les réseaux neuronaux.



**DE NOUVEAUX NEURONES** (points rouges) se forment en plus grande quantité dans le cerveau d'un rat adulte qui a une activité physique régulière (à droite) que dans celui d'un animal témoin plus sédentaire (à gauche). C'est la preuve que l'entraînement musculaire favorise la formation neuronale.

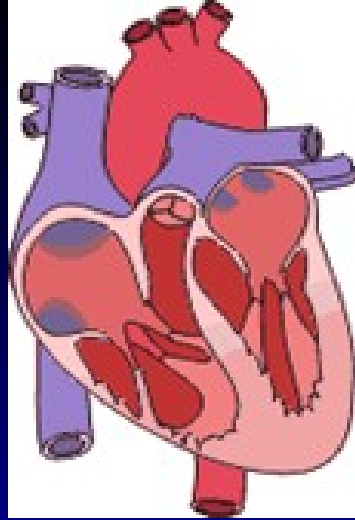
↑ APS →



## POUR RESUMER...

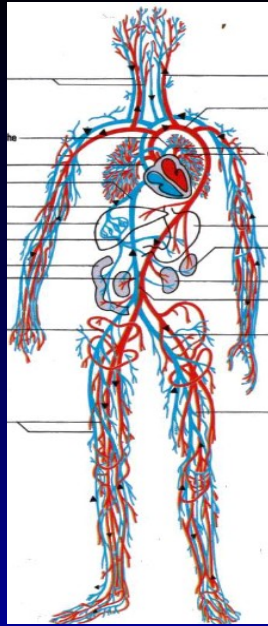
- ^ BDNF, (*brain derived neurotrophic factor*) + ^ NGF (*nerve growth factor*)
- ≡ ^ plasticité synaptique (^ synaptogenèse) + ^ neurogenèse
- ^ IGF-1 (*Insuline growth factor 1*) = ^ angiogenèse = ^ O<sub>2</sub>, ^ glucose, =
- ^ capacité cognitive, ^ mémoire. ^ BDNF + ↘ seuil d'induction de la LTP
- (*long term potentiation*) ≡ ^ mémoire, ^ capacité d'apprentissage,
- ^ commande neuromotrice.

↑ APS →



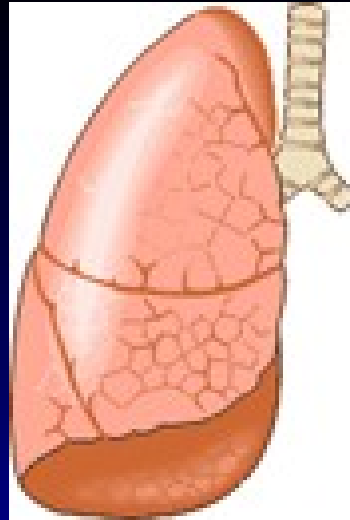
Volume cardiaque,  $\wedge$  volume d'éjection systolique,  $\wedge$  cavitaire et pariétale,  $\wedge$  débit cardiaque,  $\wedge$  perfusion myocardique,  $\wedge$  du rendement cardiaque,  $\downarrow$  fréquence cardiaque de repos et à une intensité donnée d'exercice, amélioration de la fréquence cardiaque de récupération...

↑ APS →



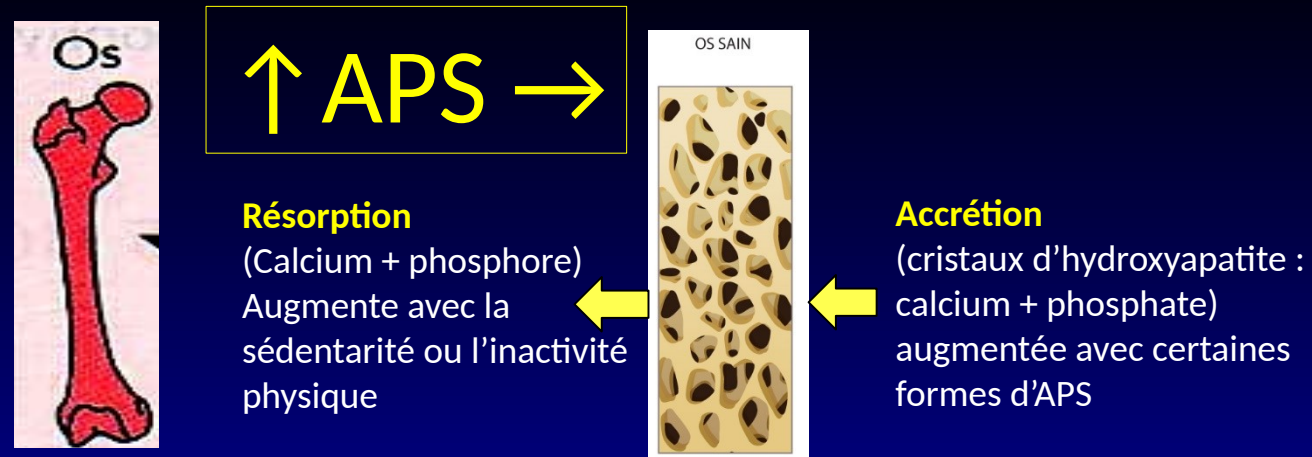
Volume plasmatique, amélioration de la fonction endothéliale et de la régulation rhéologique, <sup>↑</sup> NO (*monoxyde d'azote*) = vasodilatation, ≙ hypertension, amélioration des troubles hémorhéologiques et l'hypercoagulabilité,

↑ APS →



Puissance et endurance des muscles respiratoires,  $\wedge$  nombre  
d'alvéoles fonctionnelles  $\wedge$  rapport ventilation/perfusion,  
amélioration de la broncho pneumopathie chronique  
obstructive (BPCO), de l'asthme,

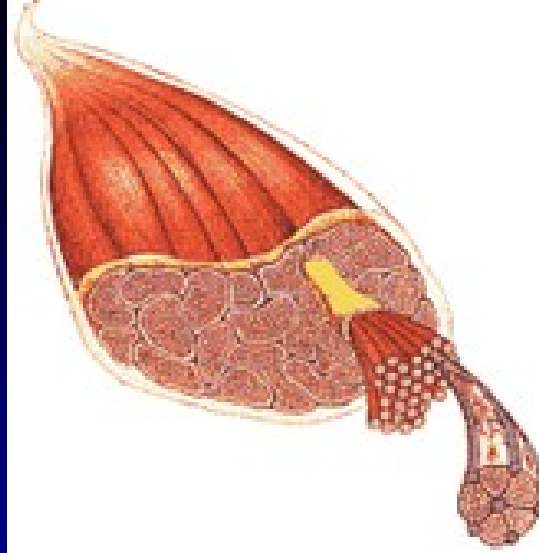




**Au cours de la croissance :** accrétion +++ avec APS > résorption

Effet ostéogénique (dépend de la qualité des contraintes mécaniques). Effet très important en période pré, pubertaire et post pubertaire : activités physiques multiformes + musculation. ^ de la DMO, lutte contre l'ostéoporose

↑ APS →



^ IGF-1\* : hypertrophie : ^ Force, puissance et endurance

musculaire,

^ coordination neuromotrice, ^ pouvoir oxydatif, ^ des réserves

en glycogène, amélioration de la qualité de l'utilisation des différents

substrats : PCr, Glycogène, acides gras libres (^ [enzymes]),

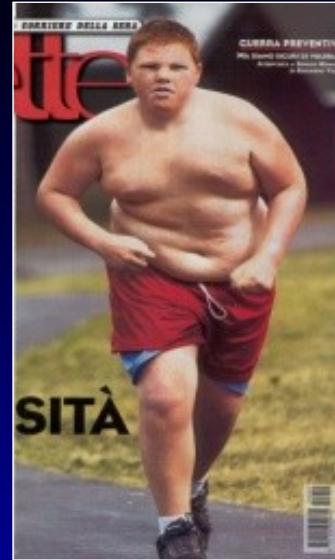
*\*Insulin-like Growth Factor*

↑ APS →



↑ du VO<sub>2</sub>max, ↑ de la vitesse aérobie max (VAM), ↑ de la puissance aérobie max (PAM), ↑ de l'endurance aérobie, ↑ de l'économie de locomotion

↑ APS →



^ Dépense d'énergie + amélioration diététique + facteurs environnementaux favorables = ^ de la concentration en leptine, ↘ de la taille des adipocytes, ^ pouvoir oxydatif musculaire = amélioration de l'utilisation des lipides, ^ de la masse maigre.

↑ APS



**Amélioration des comportements psychologiques :**

Meilleure estime de soi, maîtrise de l'anxiété, voire de la dépression...(voir ce qui précède)

**Amélioration des fonctions immunitaires :**

Attention aux intensités et durées des exercices : Courbe en J

Au dessus  
de la moyenne

Risques immunitaires

Moyens

En dessous  
de la moyenne

## Activité à intensité et durée moyennes

### Immunité innée :

↑ macrophages, ↑ cellules polynucléaires, ↑ NK (Natural Killer)

### Immunité adaptative :

↑ cellules dendritiques, ↑ lymphocytes qui vont synthétiser + d'anticorps



Sédentaire

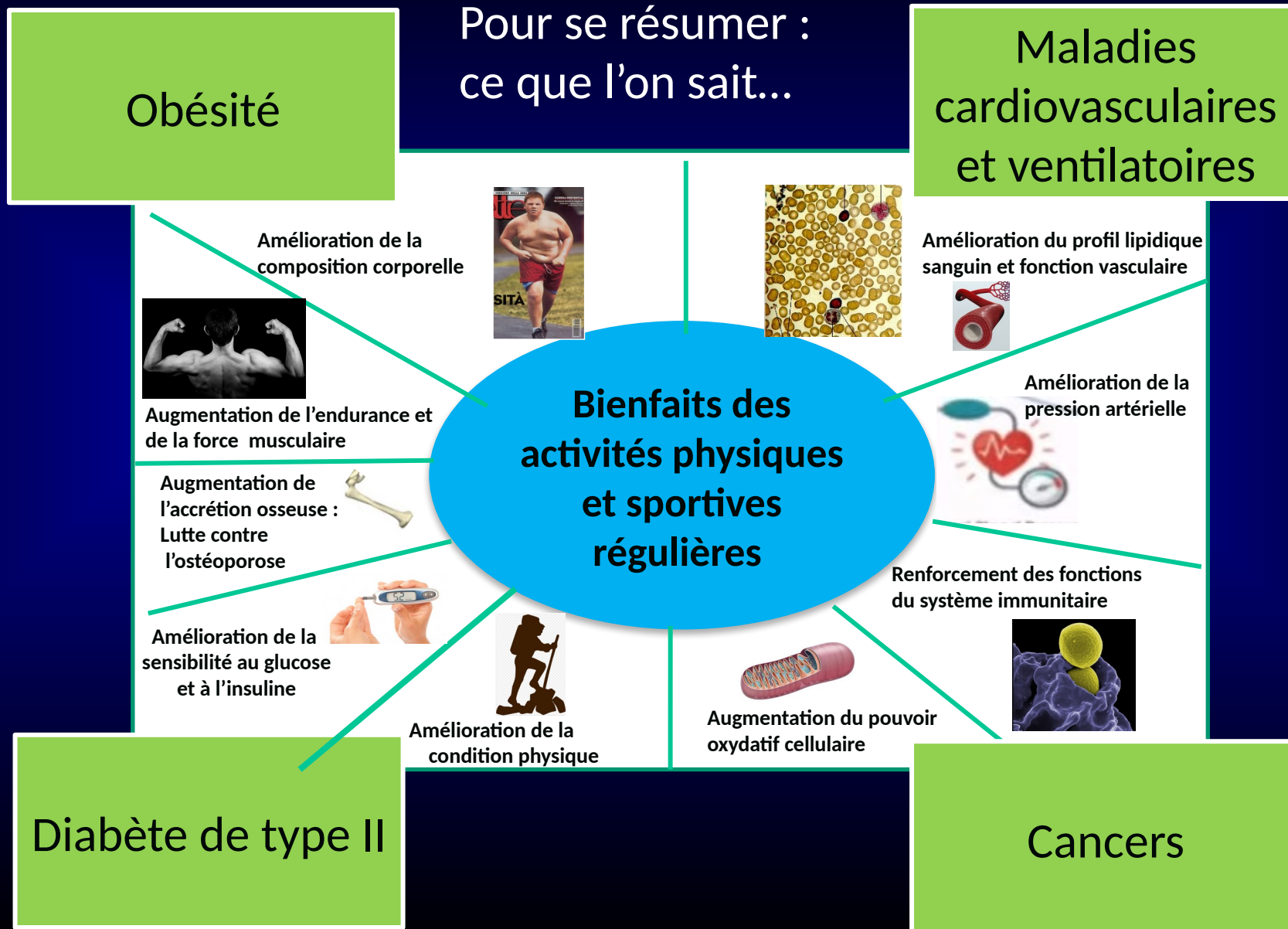
Modéré

Très élevé

Quantité et intensité des exercices

*Courbe en « J » de Nieman (1994)*

# SYNTHESE DES BIENFAITS DES L'APS REGULIEREMENT PRATIQUÉES



# PLAN DE L'EXPOSÉ

1 - De constats alarmants de la sédentarité ...

2 - ...aux bénéfices d'une pratique régulière des APS

*Ce que l'on connaissait...*

 3 – comment en comprendre les mécanismes biologiques ?

*Ce que l'on découvre actuellement !*

4 – quelles APS pour stimuler la production de myokines ?



CE QUE L'ON DECOUVRE ACTUELLEMENT....

QU'ELLES EN SONT LES EXPLICATIONS ET LES

MÉCANISMES BIOLOGIQUES SYSTEMIQUES ?

## CE QUE L'ON COMMENCE A DECOUVRIR...

En réponse aux contractions musculaires, les fibres musculaires produisent et libèrent des centaines de cytokines spécifiques ou autres petites protéines, **des substances solubles de signalisation cellulaire\***, qui se lient à leurs récepteurs spécifiques situés sur de multiples sites de notre organisme.

Les chercheurs ont immédiatement donné à ce groupe de substances un nom de circonstance: **les myokines**, du terme Myos – muscle et Kinesis – mouvement.

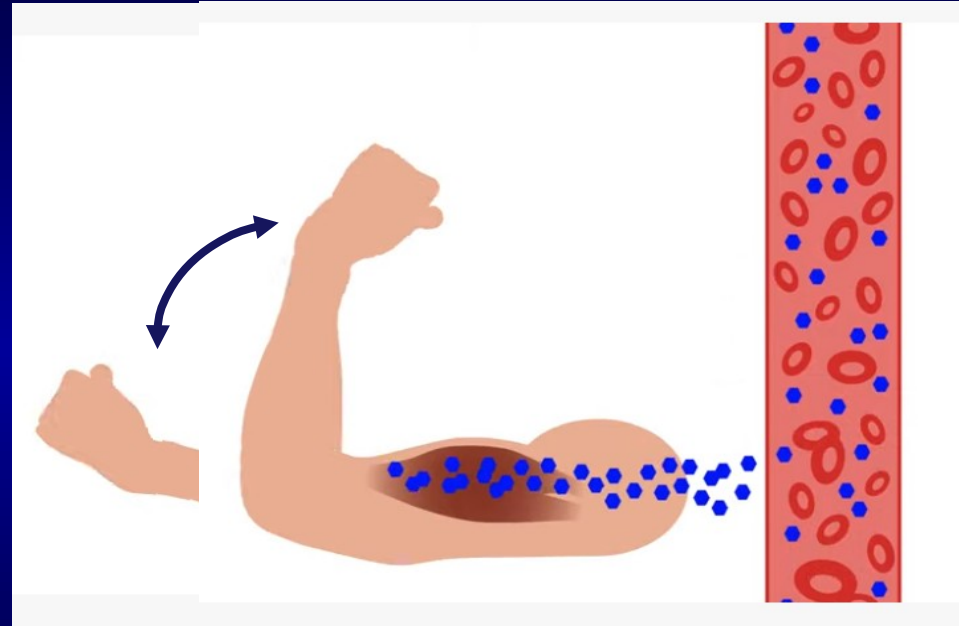
*\* La signalisation cellulaire est un système complexe de communication qui régit les processus fondamentaux des cellules et coordonne leur activité*

## Les myokines, une découverte du siècle

**Bente K. Pedersen**, directrice du centre de recherche musculaire à l'Université de Copenhague, avec son équipe ont résolu une énigme. En effet, durant des décennies, les scientifiques n'ont su expliquer pour quelle raison l'activité physique bien dosée était bénéfique pour la santé.

Aujourd'hui, on ne se demande plus si l'activité physique, musculation comprise, est bonne pour la santé. On a trouvé la bonne clé qui ouvre la serrure !!!

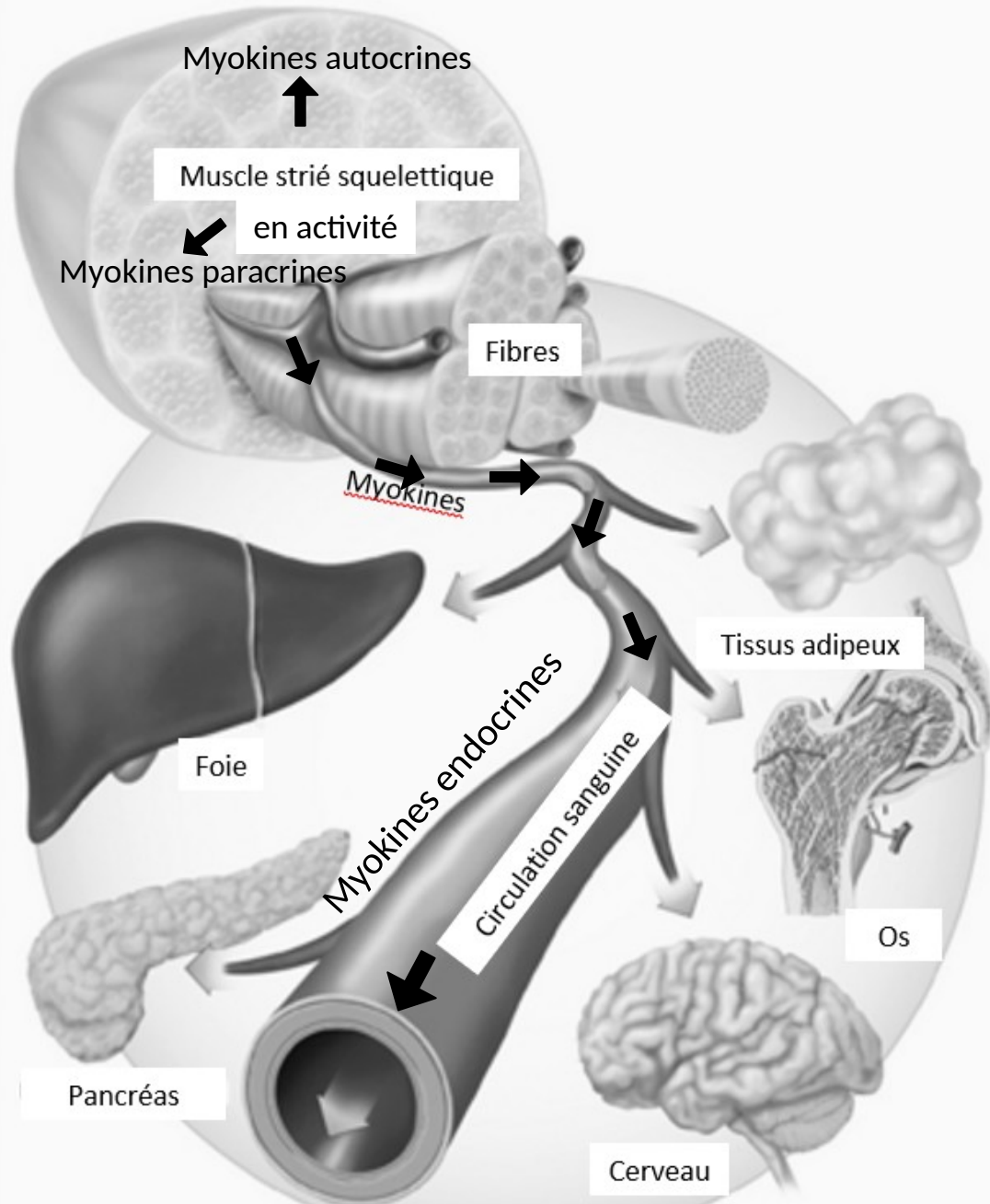
Plus un muscle est activé plus il produit de myokines



**Les myokines produites par les muscles actifs** ont des effets **autocrines** , **paracrines et/ou endocrines** ; leurs effets systémiques se produisent grâce à leur impact sur leurs récepteurs spécifiques à des concentrations très faibles... de l'ordre des pico molaires.

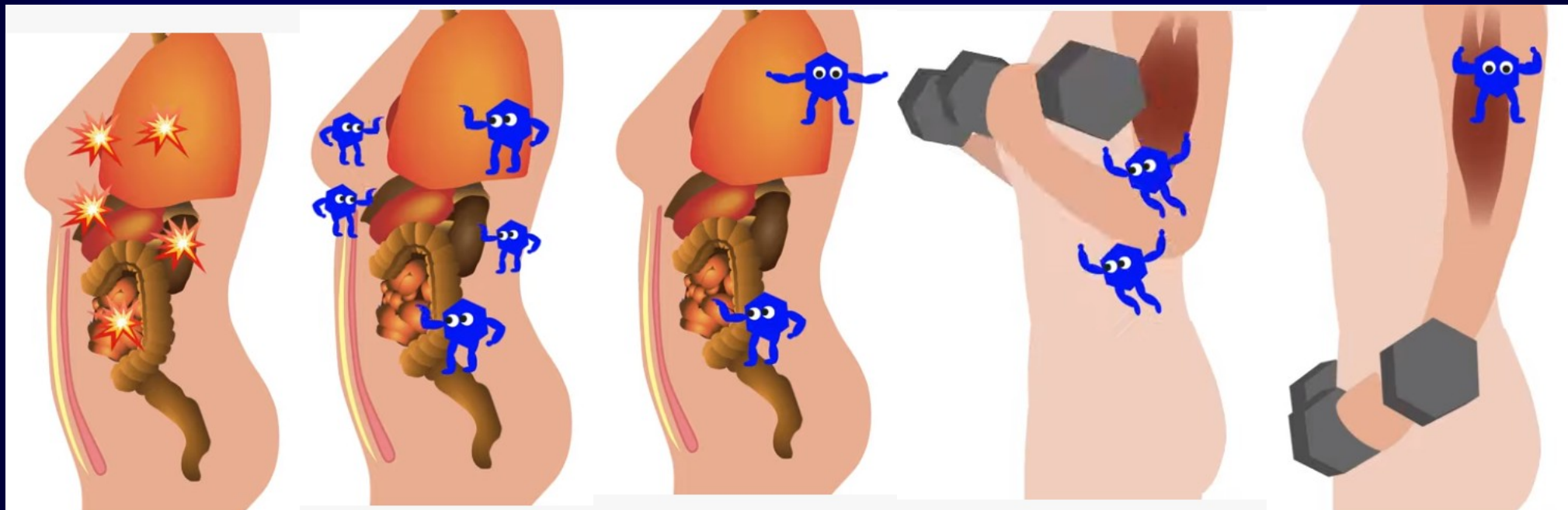
**Les récepteurs des myokines** se trouvent sur et dans les cellules musculaires, adipeuses, hépatiques, pancréatiques, osseuses, cardiaques, immunitaires et cérébrales.

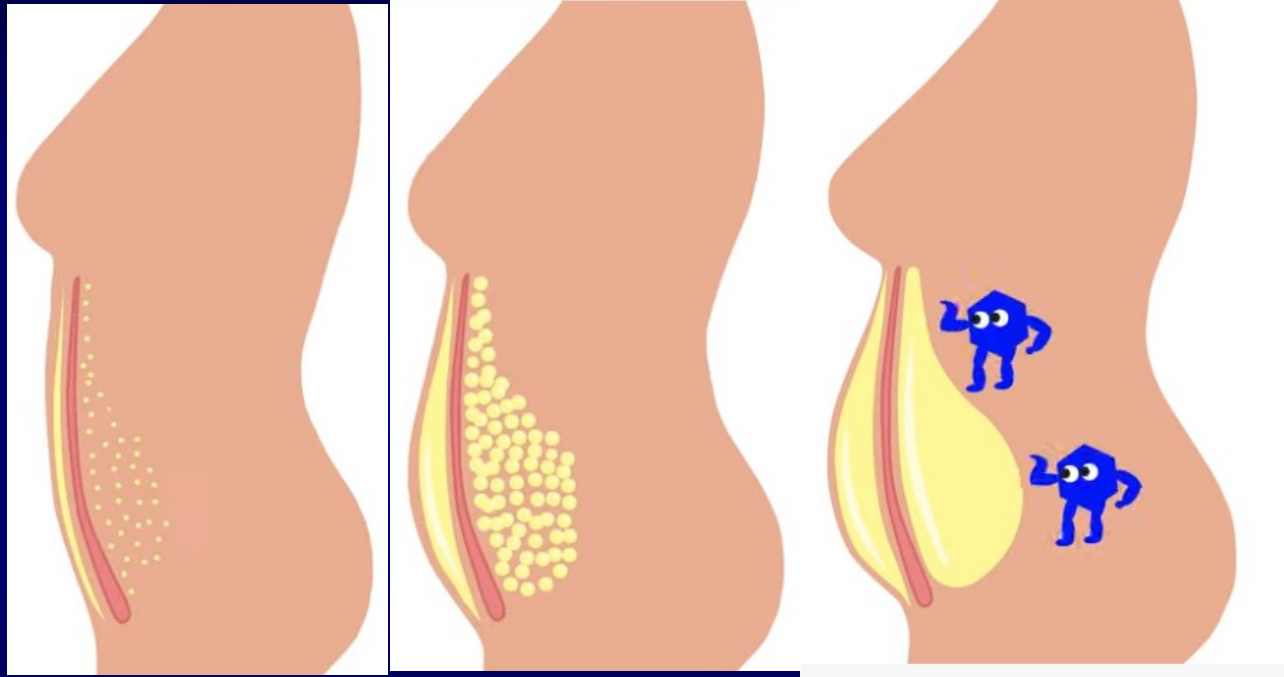
L'emplacement de ces récepteurs reflète le fait que les myokines ont de multiples fonctions.



# Comment fonctionnent les myokines dans l'organisme ?

*Myokine + récepteur spécifiques → réactions en cascade*







Tout d'abord, elles sont :

- **associés directement à l'exercice**, ainsi que dans les changements métaboliques
- **après l'adaptation chronique à l'entraînement.**

Elles participent également à la régénération et à la réparation des tissus, au maintien d'un fonctionnement sain du corps, à l'immunomodulation ; à la signalisation, à l'expression et à la différenciation cellulaire.

Jusqu'à présent, l'analyse sécrétome du milieu de culture des fibres musculaires humaines a révélé plus de 600 myokines.

Pour le moment seules une quinzaines d'entre elles sont les plus étudiées.

Examinons les à partir de leurs rôles autocrines / paracrines et enfin endocrines.

## QUELQUES MYOKINES AUTOCRINES ET PARACRINES

**La myostatine** a été la première myokine identifiée en 1997. La myostatine est un régulateur négatif de la croissance musculaire menant à l'inhibition de la myogenèse par la différenciation et la croissance de cellules de muscle.

**La follistatine** est un inhibiteur naturel de la myostatine, la croissance en résulte.

**l'IL-6 et l' IL-7** : hypertrophie musculaire et myogenèse après des séances de musculation, et de séances de haute intensité physique.

**BDNF**, (*brain derived neuro factor*) : dérivé des muscles est important pour réguler la régénération musculaire juste après une blessure musculaire.

**IL-6** : oxydation des graisses médiée par l'**AMPK** (*adénosine monophosphate kinase*), semble également avoir des effets systémiques sur le foie, le tissu adipeux et le système immunitaire et médie la diaphonie entre les cellules « L » intestinales et les îlots pancréatiques.

## QUELQUES KYOKINES... ENDOCRINES

**L'irisine** : 1 - brûleuse de graisse, libérée pendant l'activité physique.

Cette myokine, aide notre corps à éliminer les graisses et les empêche avant tout de se former.

2 - booste le cerveau par l'intermédiaire de récepteurs situés dans l'hippocampe > BDNF... (Boström et al. 2012)

**L'IL-6** : Rôles multiples en fonction de son mode de production et de la situation de ses récepteurs spécifiques (voir plus loin... ).

**L'IL-8** : L'IL-8 (ou CX-CL8) fait partie des chimiokines les plus importantes.

Elle est essentiellement connue pour sa capacité à favoriser l'adhésion des monocytes et des neutrophiles présents dans la circulation sanguine, aux cellules endothéliales qui constituent les vaisseaux sanguins, les aidant ainsi à passer du sang au tissu enflammé où ils vont agir. Elle pourrait aussi participer à l'angiogenèse

**L'IL- 10** : est une myokine **anti-inflammatoire**

**L'IL-15** : Cette myokine stimule l'oxydation des graisses, l'absorption du glucose, la biogenèse mitochondriale et la myogenèse dans le muscle squelettique.

## QUELQUES MYOKINES **ENDOCRINES** (suite)

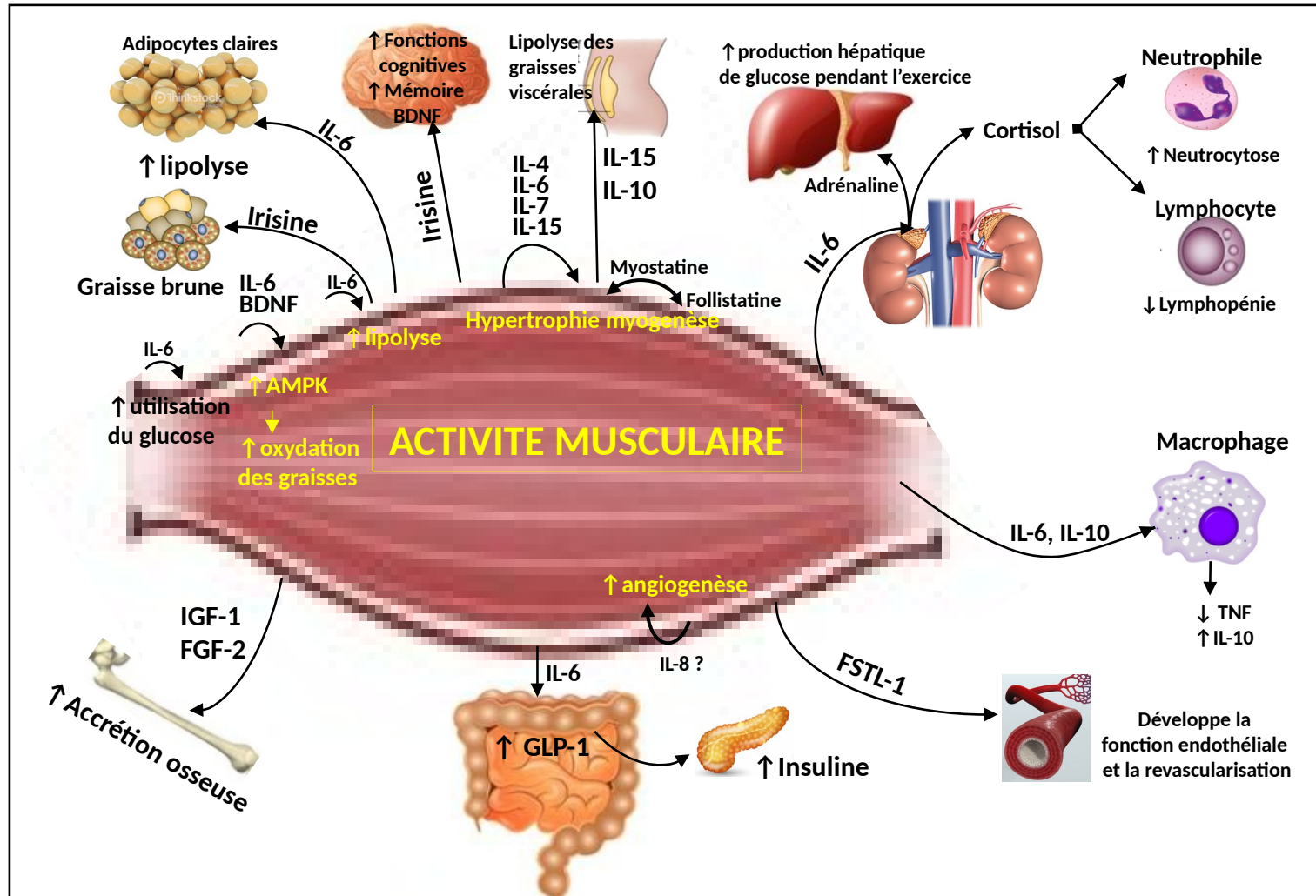
**FGF-2** : (*Fibroblast growth factor 2*) connu sous le nom de facteur de croissance des fibroblastes.

**IGF-1** (*Insulin-like growth factor-1*) : facteurs ostéogéniques.

**FSTL-1** : (follistatine like 1) améliore le système endothélial et la fonction du système vasculaire : angiogénèse. **l'IL-6 et l' IL-7** : hypertrophie musculaire et myogénèse

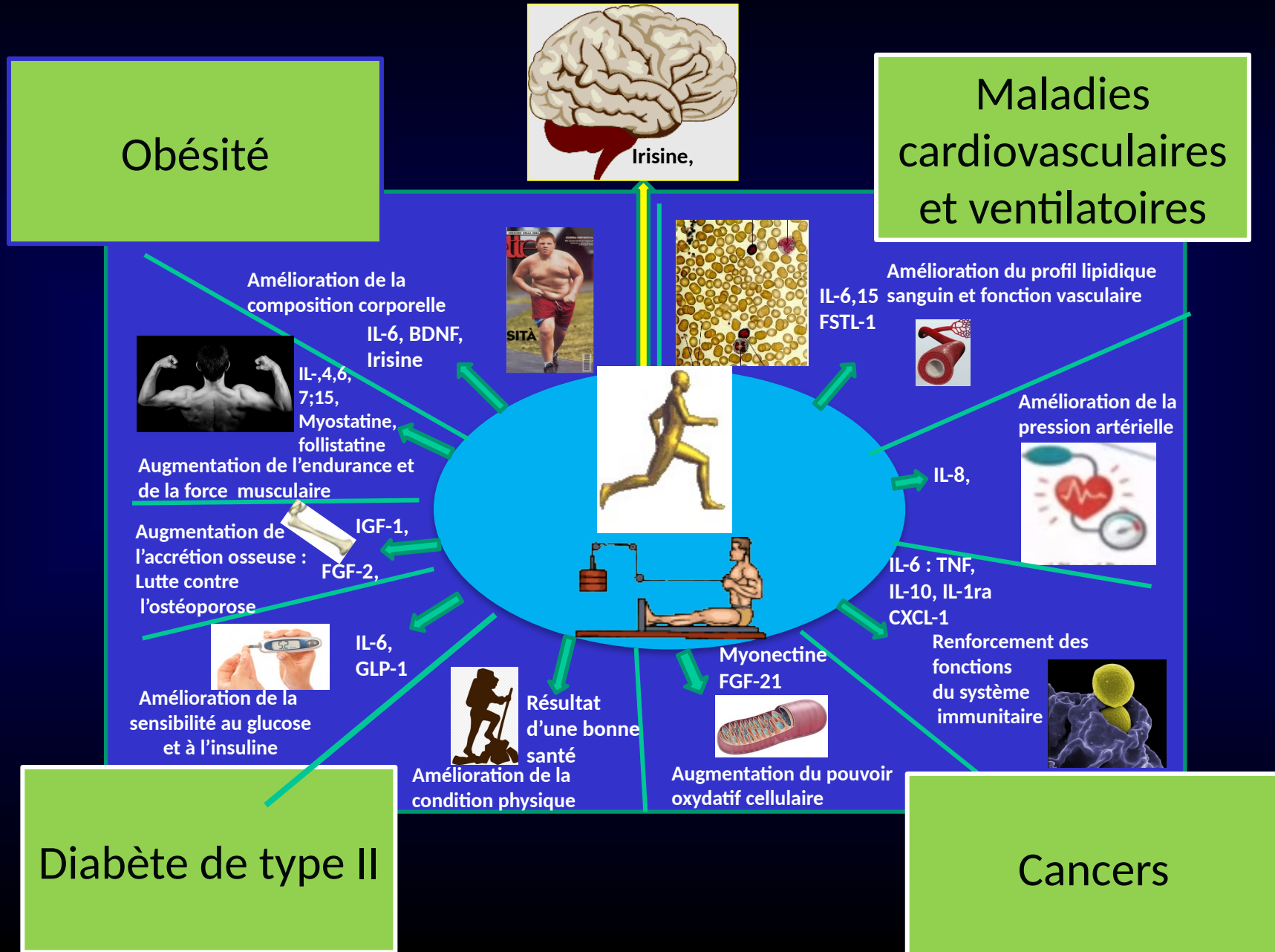
**La cathepsine B** (CTSB) améliore les niveaux de neurotrophine dans les cellules souches adultes hippocampiques pour conduire à l'amélioration des performances de la mémoire

Recherches et publications poursuivent actuellement leur développement...



IL : Interleukines ; BDNF : Brain derived neurotrophic factor; AMPK : Adénosine monophosphate protéine kinase; GLP-1 : Glucagon-like peptide-1; FSTL-1 : Follistatine-like-1; TNF : Tumor necrosis factor; IGF-1 : Insulin-like growth factor-1; FGF-2 : Fibroblast growth factor-2;

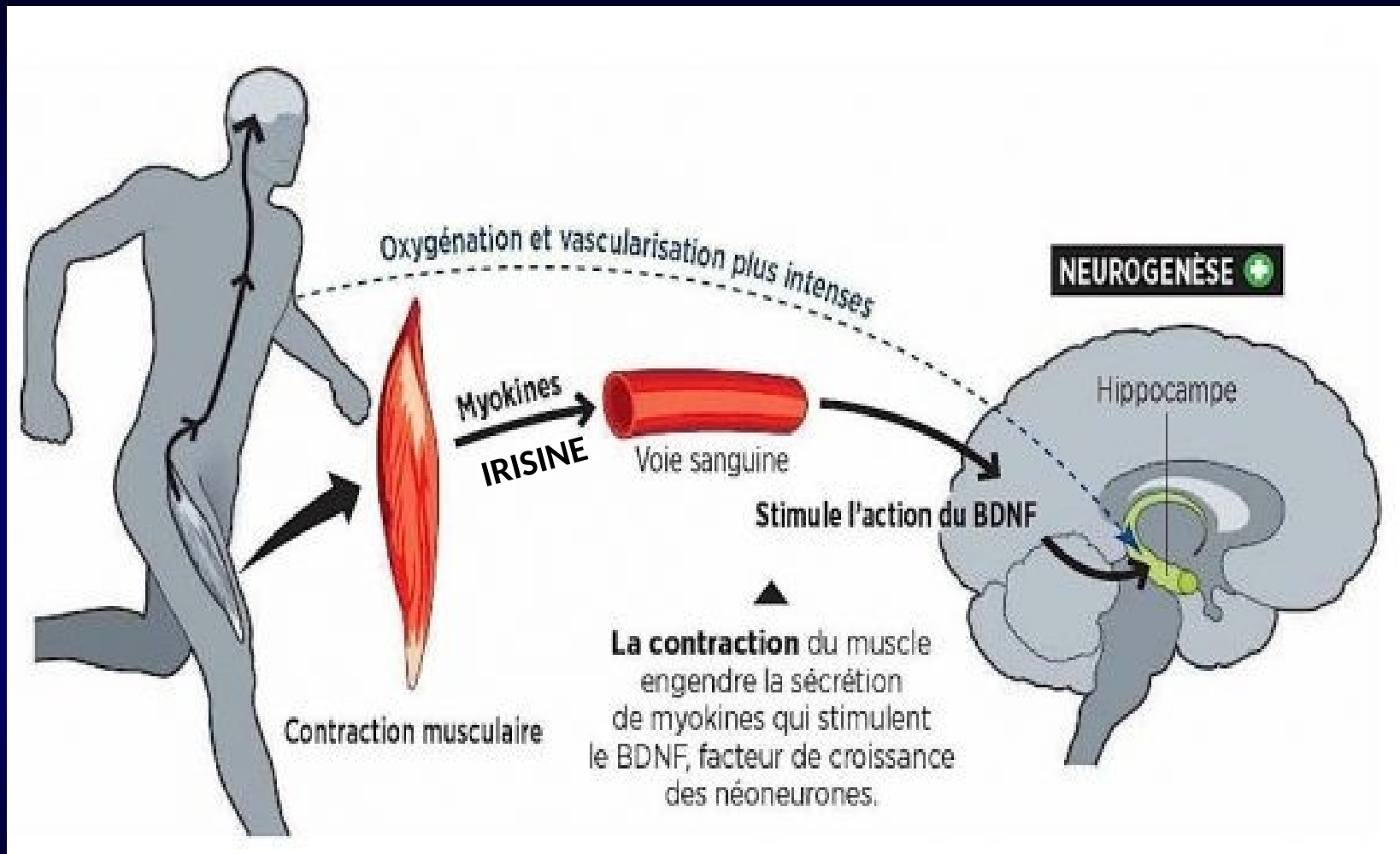
...sans oublier le cerveau,  
ses fonctions cognitives ≠ maladies dégénératives : Alzheimer, Parkinson...



**PRENONS L'EXEMPLE DES EFFETS DES MYOKINES SUR LE CERVEAU**  
Effets des AP et des myokines sur les fonctions cérébrales,  
le système nerveux et les capacités cognitives

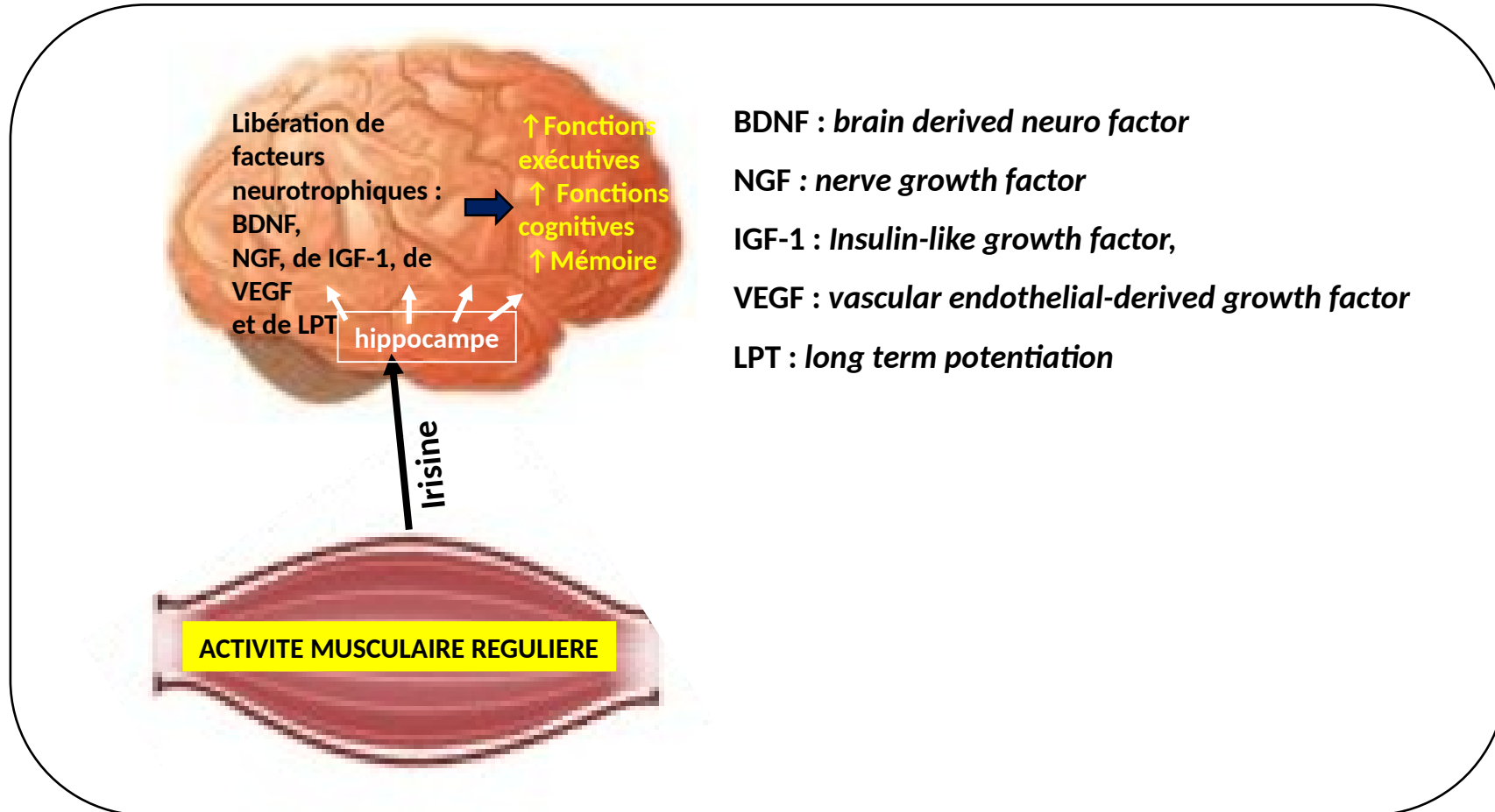




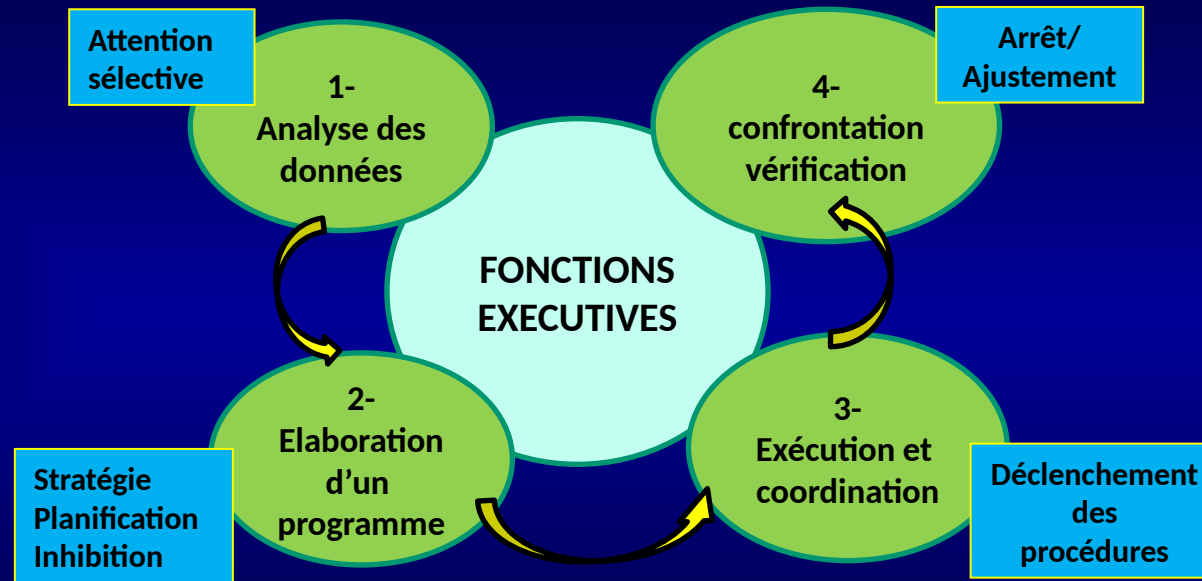


Pierre-Marie Lledo, : Sciences et Avenir, mai 2017 n° 843

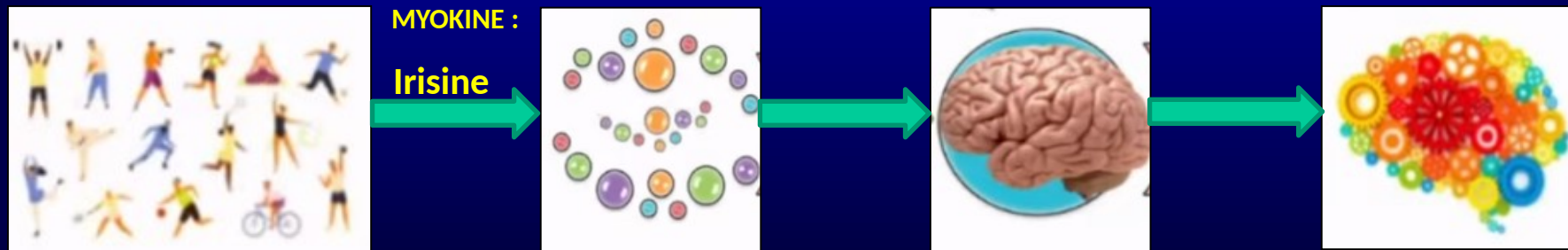
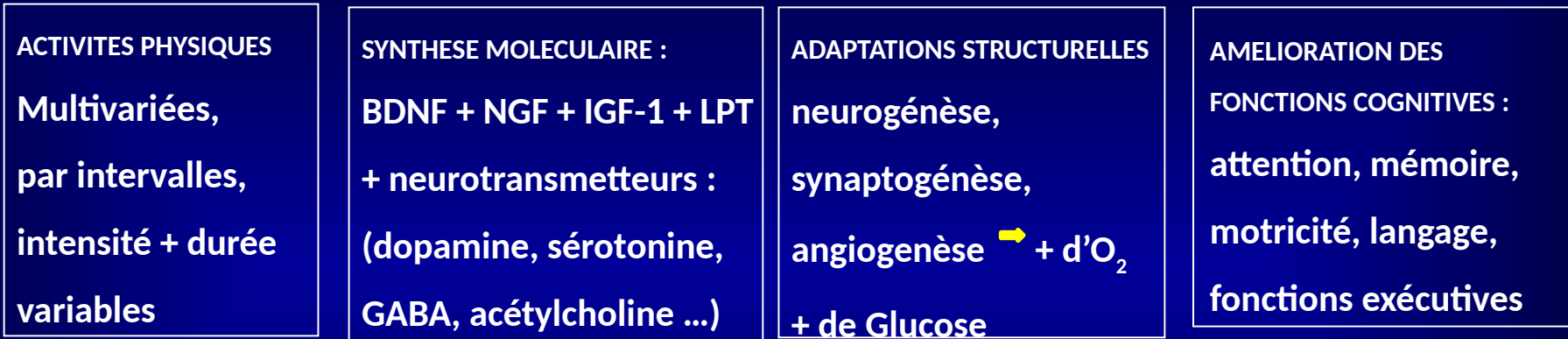
## Rôle de l'irisine qui dope le cerveau après activité physique régulière



## Les fonctions exécutives et leurs quatre phases (Séron et Jeannerod, 1994)



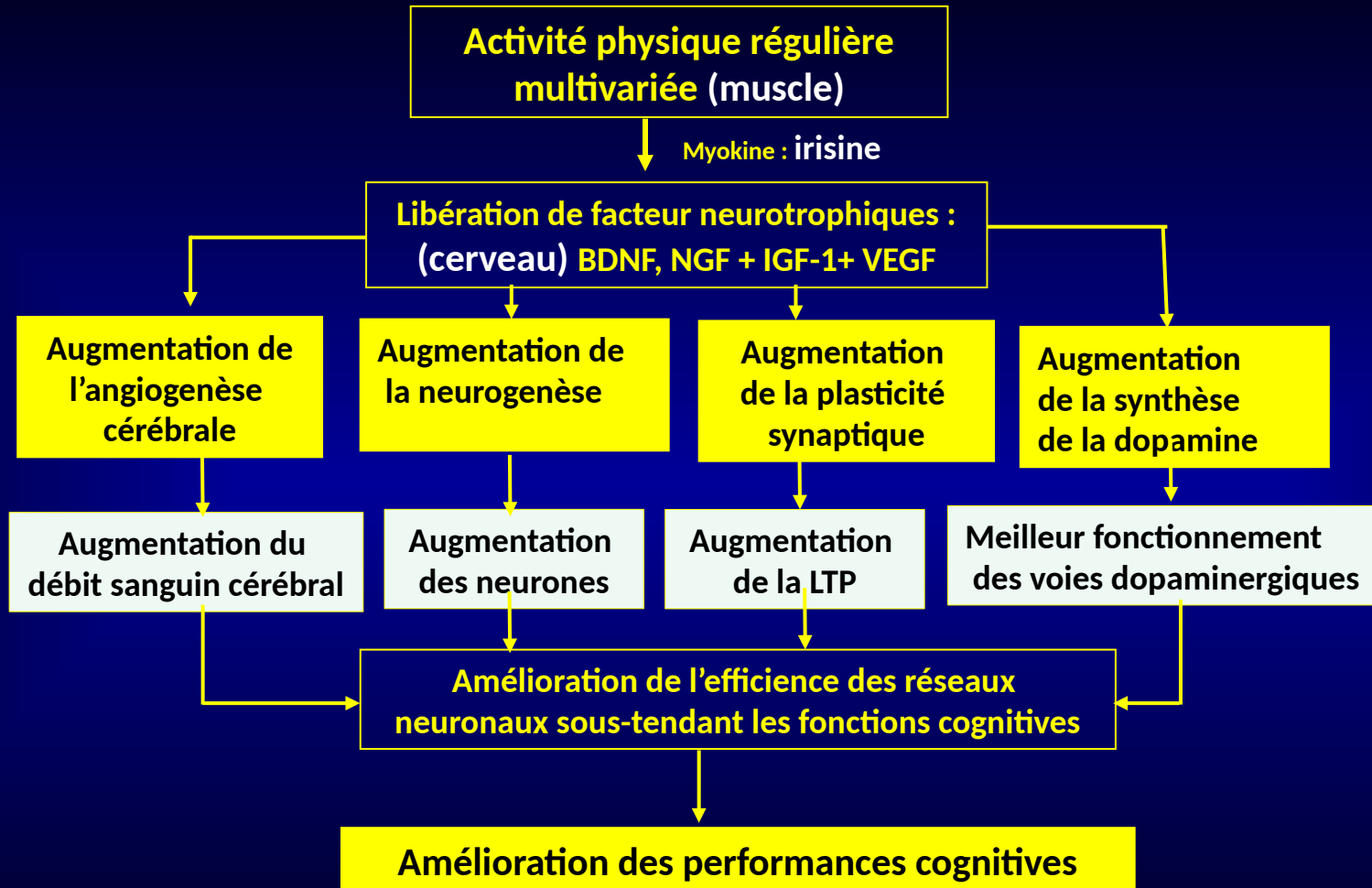
## ILLUSTRATION DES EFFETS DE L'ACTIVITE PHYSIQUE SUR LE SYSTEME NERVEUX CENTRAL ET LES FONCTIONS COGNITIVES



**Au total** = Amélioration des capacités cognitives, de la capacité d'apprentissage et de mémoire, des commandes neuro-motrices. Préventions primaire et secondaire de la maladie d'Alzheimer...?

# Synthèse des effets de l'activité physique régulièrement pratiquée sur le cerveau

D'après : Audiffren et al. Rev Neuropsychol 2011.



BDNF : *brain derived neuro factor*, NGF : *nerve growth factor*, IGF-1 : *Insulin-like growth factor*,

VEGF : *vascular endothelial-derived growth factor*, LTP : *long term potentiation*

Donc, faire que l'activité physique booste aussi  
les capacités cognitives du cerveau...



# PLAN DE L'EXPOSÉ

1 - De constats alarmants de la sédentarité ...

2 - ...aux bénéfices d'une pratique régulière des APS

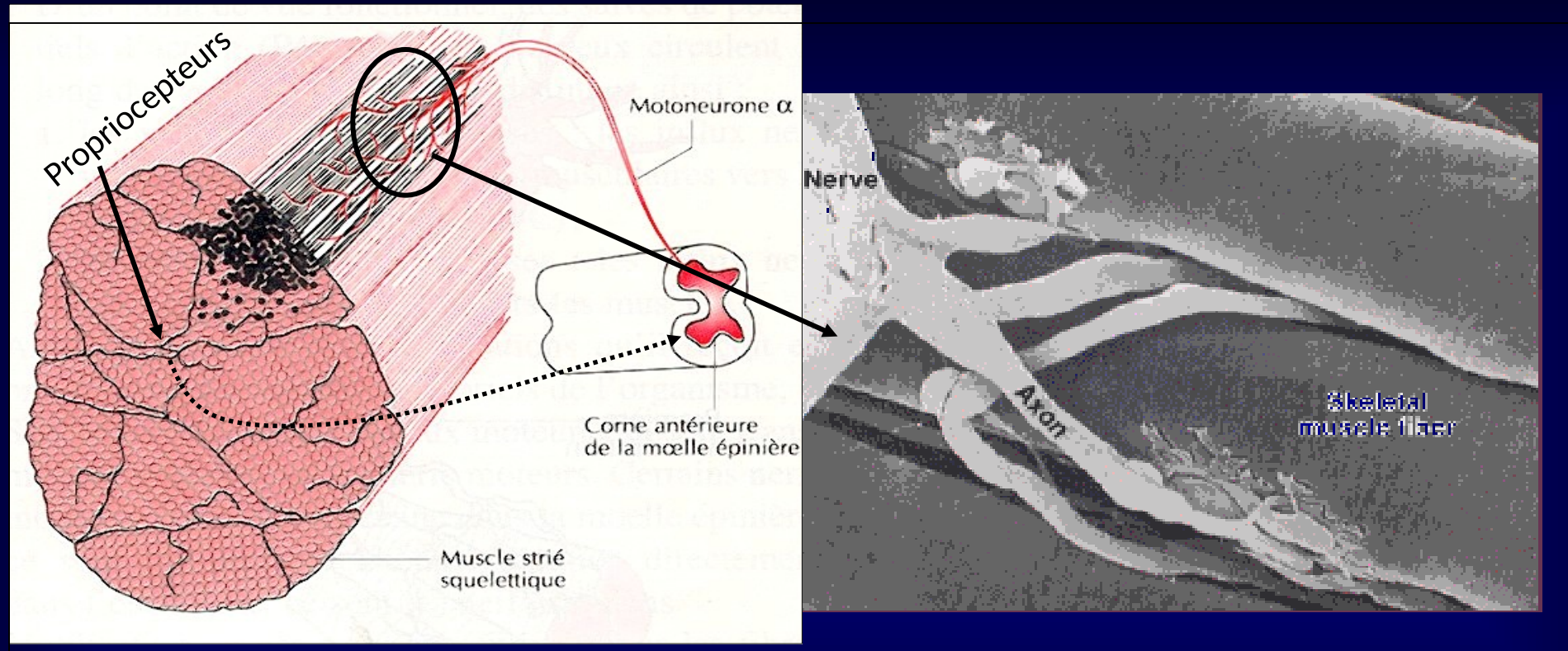
*Ce que l'on connaissait...*

3 - comment en comprendre les mécanismes biologiques ?

*Ce que l'on découvre actuellement !*



4 - quelles APS pour stimuler la production de myokines ?



*Propriocepteurs :* - Fuseaux neuromusculaires,  
- organes tendineux de Golgi  
- capsules de Pacini

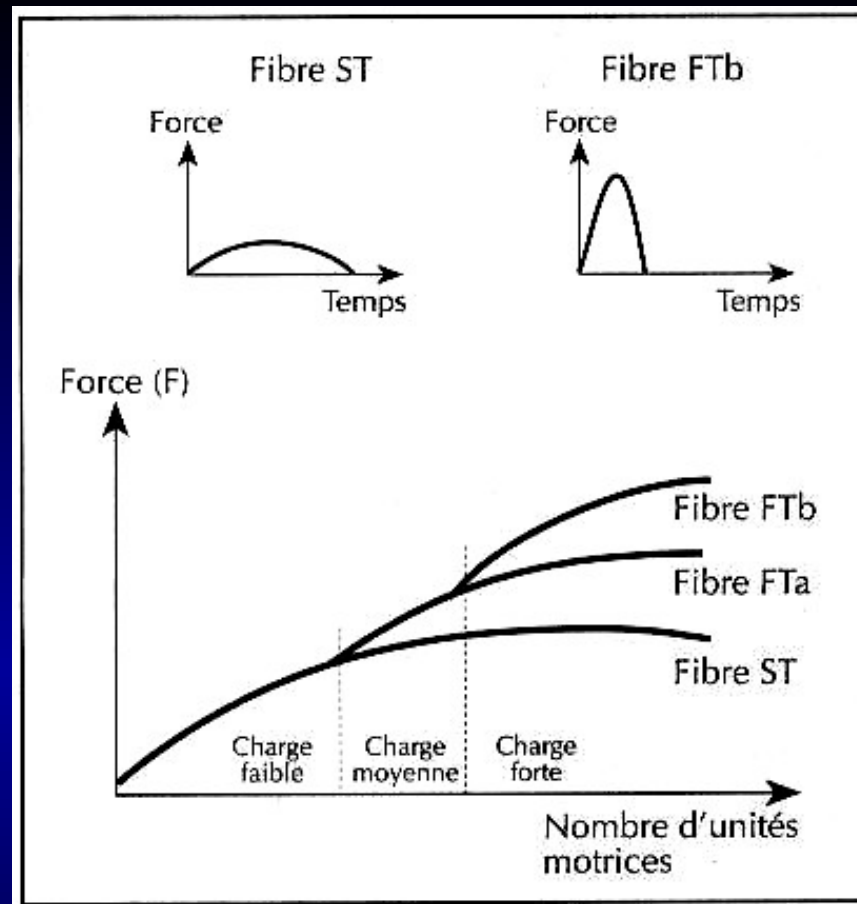


Nous savons que dans nos muscles striés squelettiques se côtoient trois types d'unités motrices (UM) :

- les UM constituées de leurs fibres musculaires à contraction lente ou fibres oxydatives (ST) sollicitées à très faibles intensités,
- À l'opposé celles de fibres à contraction rapide ou fibres glycolytiques (FTb) sollicitées à tension très élevée voire maximale,
- et enfin celles de fibres intermédiaires, oxydatives et glycolytiques (FTa) sollicitées dans des gammes intermédiaires de contraction.

Or, lors de leurs contractions chacun des types de fibres sollicitées libère **respectivement** un **groupes différents de myokines**.

Ceci implique donc une modulation des tensions ou « charges » imposées à un muscle donné pour obtenir la production des myokines correspondantes.



Recrutement des différents types de fibres (unités motrices auxquelles elles appartiennent) en fonction de l'importance de la charge à développer.

Exemples 1) de charge faible : 30 à 40% d'1RM ou course à allure modérée (course de footing) ; 2) de charge moyenne : 50 à 80% d'1RM ou course à vitesse aérobie sensiblement infra maximale ; 3) charge forte : maximale : 1RM ou démarrage et course à accélération brutale, changement de direction à pleine vitesse, sauts...

**1RM : 1 seule répétition de la charge maximale susceptible d'être soulevée.**

Ainsi, pour obtenir la production la plus complète possible des myokines connues à ce jour, le muscle doit être capable de **moduler à l'extrême ses tensions**.

**De même au niveau des durées**, les activités de longue durée réalisées à faible intensité, définies comme endurance aérobie, les activités de moindre durée réalisées au maximum de la puissance aérobie ( $VO_2\text{max}$ ), et celles de durée très brève mais à intensité « explosive » devront alterner pour que les muscles puissent libérer la totalité de leurs myokines.

**Au niveau de l'entraînement**, le travail aérobic et la musculation contre des charges de poids différents sont aussi très favorables aussi bien chez l'enfant que l'adolescent et que l'adulte jeune ou vieillissant.

Autrement envisagée, les activités physiques incluant les modulations de tous ces types de durées et d'intensités comme par exemple les sports collectifs, la danse ou bien d'autres ont le plus de chances de libérer la totalité de leurs myokines.

L'entraînement neuromusculaire est aussi une excellente alternative...

*Emery et al. 2006, 2009, 2015, 2019. Emery et al. 2015.*

# Qu'est-ce que l'entraînement neuromusculaire ?

L'entraînement neuromusculaire est une méthode d'entraînement combinant des exercices aérobies, d'équilibre, de force, de souplesse et d'agilité afin d'améliorer les capacités motrices et de préparer le corps au travail.

L'entraînement neuromusculaire vise à renforcer la connexion entre les systèmes musculaire et neurologique afin d'assurer une collaboration optimale dans l'activation des muscles, le contrôle articulaire et la stabilité.

En employant l'entraînement neuromusculaire en guise d'échauffement plutôt qu'un programme d'échauffement traditionnel, outre la production d'un plus grand nombre de myokines, on peut obtenir une **réduction de 35 à 70 % des blessures** sportives et récréatives.

En conclusion, les maîtres mots : l'activité physique  
doit être multiforme, multi intensité et multi durée  
sans oublier de donner du plaisir...

**MERCI DE VOTRE ATTENTION**

# LES ACCIDENTS DU SPORT

**Table 19.1 Sport-Specific Injury Numbers<sup>a</sup>**

Type of sport	Number of injuries	Number of medically treated injuries	Number of injuries / 1,000 hr
Soccer	620,000	272,800	2.0
Volleyball	142,000	49,700	2.4
Gymnastics	141,000	43,710	1.6
Indoor soccer	109,000	33,790	6.3
Field hockey	101,000	25,250	2.1
Swimming	92,000	28,520	0.6
Tennis	90,000	35,100	0.4
Skiing	79,000	32,390	10.1
Horse riding	77,000	36,190	0.9
Ice-skating	68,000	21,080	2.1

<sup>a</sup>Estimated total number of injuries, absolute number of injuries medically treated, and injury incidence (number of injuries per 1,000 hr of sports participation).



# LES EXCES DU SPORT

- Fatigue chronique
- Fractures de fatigue
- Dopage
- Surentraînement
- .....

# PLAN DE L'EXPOSÉ

1 – Toutes les APS sont-elles bonnes pour la santé ?



2 - De constats alarmants de la sédentarité ...

3 - ...aux bénéfices d'une pratique régulière des APS

*Ce que l'on connaissait...*

4 – comment en comprendre les mécanismes biologiques ?

*Ce que l'on découvre actuellement !*

5 – quelles APS pour stimuler la production de myokines ?