



HAL
open science

Inactivité physique et sédentarité : impact sur la santé métabolique, de quoi parle-t-on ?

Elisa Le Roux, Chantal Simon, Stéphane Blanc, Audrey Bergouignan

► To cite this version:

Elisa Le Roux, Chantal Simon, Stéphane Blanc, Audrey Bergouignan. Inactivité physique et sédentarité : impact sur la santé métabolique, de quoi parle-t-on ?. *Nutrition et Endocrinologie*, 2021, 19 (98), pp.110-114. hal-03787365

HAL Id: hal-03787365

<https://hal.science/hal-03787365v1>

Submitted on 24 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Inactivité physique et sédentarité : impact sur la santé métabolique, de quoi parle-t-on ?

Elisa Le Roux¹, Chantal Simon^{2,3}, Stéphane Blanc¹, Audrey Bergouignan^{1,4}

Affiliations

¹ CNRS, IPHC UMR 7178, Université de Strasbourg, Strasbourg, France

² CarMen INSERM U1060, Université de Lyon, INRA U1235, Lyon, France.

³ Centre de Recherche en Nutrition Humaine Rhône-Alpes, Hospices Civils de Lyon, Lyon, France

⁴ Division of Endocrinology, Metabolism and Diabetes, Anschutz Health & Wellness Center, University of Colorado, Anschutz Medical Campus, Aurora, CO, USA

Version acceptée

1 **Abstract** (400 caractères espaces inclus)

2 La pratique d'activité physique (AP) est reconnue pour ses effets bénéfiques sur l'ensemble des
3 systèmes physiologiques. La sédentarité est un nouveau comportement qui suscite l'intérêt des
4 chercheurs depuis une dizaine d'années et semble avoir son importance dans l'équation entre AP et
5 santé métabolique. Réintroduire de l'AP de toute intensité tout au long de la journée serait une
6 stratégie prometteuse.

7

8 **Mots-clés** : activité physique, sédentarité, inactivité physique, diabète de type 2, obésité, physiologie

Version acceptée

9 **Introduction**

10 Les bénéfices de l'activité physique (AP), définie comme « tout mouvement corporel produit par la
11 contraction des muscles squelettiques entraînant une augmentation de la dépense énergétique par
12 rapport à la dépense énergétique de repos » (1), sur la santé ne sont plus à prouver. Dès le 5^{ème} siècle
13 avant JC, Hippocrate déclare que « manger seul ne gardera pas un homme en bonne santé ; il doit
14 également faire de l'exercice ». C'est en 1953 que la première étude révélant un lien entre le
15 manque d'AP et le risque de développer des maladies coronariennes a été publiée (2). Être actif
16 améliore entre autres les capacités cardiorespiratoires, l'endurance et la force musculaire, la santé
17 cardiométabolique, les capacités cognitives, la santé mentale et le bien-être. Malgré ce constat
18 indéniable, les révolutions industrielles, technologiques et numériques ont conduit depuis la fin du
19 19ème siècle à une diminution progressive mais drastique de l'AP dans toutes les sphères du
20 quotidien: activités professionnelles (secteur tertiaire, ordinateur, machines), domestiques (machine
21 à laver, lave-vaisselle), de loisirs (jeux vidéo, Internet, télévision) et lors de déplacements (véhicules
22 motorisés). L'inactivité physique est quant à elle définie comme le fait de ne pas atteindre les
23 recommandations actuelles pour la pratique de l'AP établies par l'Organisation Mondiale de la Santé
24 (OMS) à savoir au minimum 150 min/semaine d'AP modérée c'est-à-dire entraînant une dépense
25 énergétique comprise entre 3 et 5,9 METs (Metabolic Equivalent of Task) (ex : marche rapide,
26 jogging, gymnastique, randonnée, etc.) ou 75 min/semaine d'AP d'intensité vigoureuse définie
27 comme une activité associée à une dépense énergétique supérieure à 6,0 METs (ex : course à pied,
28 natation, vélo sur route à vitesse soutenue, etc.) ou une combinaison des deux (3). Il est maintenant
29 établi que l'inactivité physique augmente le risque de développer de nombreuses maladies
30 chroniques. En parallèle à la diminution du niveau d'AP, un nouveau comportement à risque pour la
31 santé a été identifié par les scientifiques depuis une dizaine d'année : les comportements sédentaires
32 qui sont définis comme "tout comportement éveillé caractérisé par une dépense énergétique <1,5
33 MET, comme la position assise ou allongée" (4). La sédentarité a aussi été reconnue plus récemment
34 comme un facteur de risque majeur de nombreuses maladies chroniques.

35 Ces modes de vie inactifs et sédentaires ont été particulièrement favorisés ces derniers mois avec la
36 crise sanitaire liée au virus SARS-CoV-2. Une étude internationale révèle que pendant les
37 confinements, le nombre de minutes d'AP (toute intensité confondue) par semaine a diminué de
38 33,5% alors que le temps passé assis a augmenté de 28,6% (5). En France, une enquête de
39 l'Observatoire national de l'AP et de la sédentarité (ONAPS) indique que 45,1% des adultes
40 initialement actifs ont réduit leur niveau d'AP et 74,2% des adultes passant initialement moins de 6h
41 par jour en position assise ont augmenté leur niveau de sédentarité pendant le confinement (6).

42 Depuis la loi de santé de 2016 (décret 2016-1990), il est désormais possible pour les médecins
43 traitants de prescrire une AP adaptée aux patients atteints d'une affection de longue durée (ALD). En

44 réalité, bien que les réseaux AP et santé se développent, des enquêtes révèlent que seulement 10%
45 des médecins prescrivent de l'AP sur ordonnance (7). Parmi les freins à la prescription, le manque de
46 formation et de connaissances fait partie des motifs récurrents. Bien que les bonnes pratiques
47 alimentaires pour rester en bonne santé soient bien identifiées et largement diffusées auprès de la
48 population, les messages ne sont pas toujours clairs concernant l'AP et la sédentarité.

49 Après avoir brièvement résumé les bienfaits de l'AP sur la santé métabolique, cette revue a pour
50 objectif de présenter nos connaissances actuelles sur la physiopathologie de l'inactivité physique et
51 de la sédentarité. Une perspective sur les stratégies de lutte contre les effets néfastes de la
52 sédentarité et de l'inactivité physique sur la santé métabolique sera enfin abordée.

53 Les bienfaits de l'AP chronique sur la santé métabolique

54 La pratique régulière d'AP aérobie et résistif, permet de diminuer le risque de développer de
55 nombreuses pathologies métaboliques chroniques selon une relation dose-réponse. Par exemple, 35
56 min/jour de marche rapide diminue la mortalité liée aux maladies cardiovasculaires de 30%, la
57 mortalité toutes causes confondues de 25%, le risque de développer un cancer du sein de 40%, et un
58 diabète de type 2 (DT2) de 40% (8). Il a été montré que pratiquer 150min/semaine d'AP modérée
59 permet de mieux prévenir le développement d'un DT2 chez des sujets pré-diabétiques qu'un
60 traitement par Metformine après 3 ans de suivi (9).

61 Les bénéfices de l'AP régulière sur l'organisme sont le résultat d'adaptations au niveau du tissu
62 musculaire, mais aussi d'une coopération orchestrée entre les principaux tissus impliqués dans la
63 régulation de l'homéostasie énergétique à savoir le muscle squelettique, le foie, le pancréas, le tissu
64 adipeux et le système circulatoire. Ces effets récemment discutés dans une revue complète sur le
65 sujet (10) sont résumés dans la figure 1.

66 FIGURE 1

67 Les conséquences néfastes de l'inactivité physique sur la santé métabolique

68 L'inactivité physique est la 2^{ème} cause de décès aux États-Unis et la 4^{ème} dans le monde (11). En
69 Europe, elle provoque le décès prématuré de 600 000 personnes par an, soit 10% de la mortalité
70 totale (12). Plus précisément, l'inactivité physique serait une cause majeure et indépendante dans le
71 développement de 35 pathologies (13). Elle serait responsable de 4% des DT2, 4% des maladies
72 coronariennes, 2,2% des cancers du sein et de 2,5% des cancer du côlon mais serait aussi la cause de
73 dépression et de maladies mentales (14).

74 Les effets de l'inactivité physique sur le corps touchent l'ensemble des systèmes physiologiques.
75 Etudier expérimentalement ces effets chez l'homme est un défi car cela nécessite de supprimer
76 entièrement l'activité physique chez des personnes en bonne santé et physiquement actives. Les

77 modèles d'alitement prolongé (modèle d'étude issu des sciences spatiales pour étudier les effets de
78 la microgravité, voir figure 2) répondent à cette problématique. Ces protocoles ayant rendus
79 complètement inactifs et sédentaires des hommes et des femmes sains et physiquement actifs, ont
80 montré que les participants développent des profils métaboliques proches de ceux de la personne
81 atteinte d'obésité ou de DT2 en réponse à une inactivité sévère (15). Plus spécifiquement, l'inactivité
82 physique entraîne une perte de la masse et de la fonction musculaire, un remodelage du muscle avec
83 un changement des fibres musculaires lentes et oxydatives au profit de fibres musculaires rapides et
84 glycolytiques associé à une refonte complète des voies métaboliques cellulaires caractérisée par une
85 activation des voies impliquées dans la régulation du métabolisme des glucides, et une inhibition des
86 voies de la régulation du métabolisme des lipides et de la fonction mitochondriale. Ces modifications
87 impactent l'utilisation des substrats et entraînent une réduction de l'utilisation des lipides au profit
88 de celle des glucides pour fournir de l'énergie au corps. Ces lipides non utilisés, notamment ceux
89 provenant de l'alimentation, participent au développement d'une hyperlipidémie et participent au
90 stockage de graisses ectopiques, c-à-d dans des organes non prévus pour cette fonction, comme les
91 muscles, le foie ou les os. Ces changements métaboliques contribuent au développement d'une
92 résistance aux effets de l'insuline mais stimulent également la synthèse de nouveaux lipides (i.e. de
93 novo lipogénèse) comme celle des VLDL (« very low density lipoprotein ») qui sont des particules
94 lipidiques athérogènes. Cette sécrétion accrue de VLDL renforce à son tour l'hyperlipidémie et le
95 stockage ectopique des lipides. Ces changements sont finalement associés au développement d'une
96 inflammation chronique comme l'indique l'augmentation de marqueurs pro-inflammatoires
97 plasmatiques, laquelle est connue pour contribuer au développement de l'insulino-résistance. Il est
98 important de noter que ces troubles métaboliques se sont développés malgré une alimentation saine
99 équilibrée et ajustée aux besoins des participants pendant toute la durée des études (16). Cela veut
100 dire que ces dérèglements sont bien le résultat de l'inactivité physique seule, et non ceux d'une
101 surnutrition. De plus, ces résultats obtenus dans des conditions d'inactivité physique extrême ont été
102 confirmées à des niveaux d'inactivité observés dans la population générale (17). Ces recherches ont
103 apporté des données fondamentales clé démontrant le rôle de l'inactivité physique dans l'étiologie
104 des maladies métaboliques.

105 La sédentarité : composante indépendante de la relation entre activité physique et santé ?

106 Bien que la prévalence de l'inactivité physique soit globalement stable depuis une vingtaine d'années
107 (18), la sédentarité se généralise. Par exemple, le temps consacré aux comportements sédentaires a
108 augmenté d'une heure entre 2007 à 2017 aux États-Unis (19). En France, la proportion des adultes
109 passant au moins 7h/j en position assise est comprise entre 18 et 40% (20, 21). Toutefois, ayant été
110 obtenues à l'aide de questionnaires, ces valeurs sont probablement imprécises et fortement sous-

111 estimées. L'utilisation de moniteurs placés sur la cuisse pour mesurer le temps passé assis montre
112 que les adultes des sociétés occidentales peuvent passer entre 7,7 et 9,7 heures par jour en position
113 assise, représentant alors jusqu'à 60 % du temps d'éveil (22, 23). Or, la mortalité précoce semble
114 augmenter graduellement à partir de 9h de sédentarité par jour, avec un risque de mortalité globale
115 augmenté de 48% pour 10h/j assis et multiplié par 3 pour 12h/j assis (22). De plus, indépendamment
116 de la pratique d'AP, chaque heure passée en position assise augmente le risque de mortalité de 5,9
117 %, et celui de développer un DT2 et une obésité de 22% et 23% respectivement (24-26). Ces chiffres
118 suggèrent ainsi que les effets de l'AP et de la sédentarité sont indépendants.

119 Alors qu'une pléthore de données épidémiologiques ont été publiées, les preuves expérimentales
120 des effets néfastes de la sédentarité sur la santé métabolique indépendamment de l'AP manquent.
121 Ce constat est principalement dû aux difficultés à isoler les effets de la sédentarité de ceux de l'AP.
122 Certaines études d'alitement prolongé incluent des protocoles d'AP ce qui peuvent en revanche nous
123 apporter un aperçu unique des effets de la sédentarité indépendamment de l'exercice. Par
124 définition, les activités de légère intensité (dépense énergétique comprise entre 1,6 et 2,9 MET), ici
125 les activités de la vie quotidienne (marcher, monter les escaliers, faire le ménage...), sont supprimées
126 lors de ces protocoles. Ces sujets sont donc très sédentaires mais pratiquent un volume élevé d'AP
127 d'intensité modérée à vigoureuse qui vont souvent bien au-delà des niveaux recommandés d'AP. Ces
128 études récemment résumées dans une revue (27) suggèrent que bien qu'une relation effet-dose
129 semble exister, l'AP ne suffit pas à totalement lutter contre le développement de dysfonctions
130 métaboliques induites par de hauts niveaux de sédentarité comme une résistance à l'insuline, une
131 intolérance au glucose, une altération du métabolisme lipidique et une inflammation chronique. Ces
132 études soutiennent l'existence d'effets indépendants de la sédentarité de ceux de l'AP d'intensité
133 modérée-vigoureuse. En d'autres termes passer trop de temps assis peut avoir des effets différents
134 sur la santé que de ne pas faire assez d'exercice.

135 Remettre le mouvement au centre de notre quotidien

136 Au-delà du temps total passé sédentaire, la durée de chaque épisode en position assise semble être
137 un paramètre important pour la santé. Des études de population ont en effet observé des profils
138 cardiométaboliques moins sains chez les personnes qui restent assises pendant de longues périodes
139 que chez ceux qui fragmentent fréquemment leur position assise. A contrario, les adultes dont le
140 temps de sédentarité est le plus souvent interrompu par de brefs épisodes d'AP présentent une
141 diminution de l'insulinémie, de la glycémie et de la triglycéridémie à jeun ainsi que du tour de taille,
142 par rapport à ceux qui ne font pas de pauses dans leurs activités sédentaires (28, 29). Il est important
143 de noter que ces observations ont été réalisées indépendamment du temps total passé sédentaire
144 total ou à pratiquer de l'AP modérée-vigoureuse, mais aussi de l'âge, du sexe et de l'origine

145 ethnique. À court terme, il a été testé que pour un même volume et une même intensité d'AP et des
146 dépenses énergétiques égales, réaliser de l'AP d'intensité légère ou modérée en sessions courtes et
147 réparties tout au long de la journée diminue la glycémie et l'insulinémie postprandiale (30-34),
148 augmente l'absorption du glucose (35) et l'oxydation des glucides (36) chez des adultes en surpoids
149 ou atteints de DT2 par rapport à une session unique d'AP effectuée en continu. À plus long terme,
150 des sessions d'AP légère à modérée de 3 min dispensées toutes les 30 min pendant trois semaines
151 diminuent la glycémie à jeun et la variabilité de la glycémie chez des personnes atteintes d'obésité
152 (37).

153 Des études épidémiologiques mettent en avant le rôle bénéfique de l'AP d'intensité légère et son
154 potentiel pour lutter contre la sédentarité. Effectivement, il a été noté que l'AP légère est fortement
155 et négativement corrélée au temps de sédentarité (29). Au risque de paraître trivial : plus nous
156 bougeons et moins nous sommes sédentaires. De plus, les AP d'intensité légère sont favorablement
157 associées à certains indices de santé métabolique comme le tour de taille, l'IMC (indice de masse
158 corporelle), l'insulinémie, le profil lipidique et la glycémie postprandiale (38, 39), indépendamment
159 de l'AP modérée-vigoureuse. Dans une série d'études, une équipe de chercheurs a comparé les effets
160 du remplacement du temps de sédentarité par de l'AP légère (marche et position debout) à ceux
161 d'une heure par jour d'AP modérée-vigoureuse en veillant à contrôler la dépense énergétique.
162 Remplacer le temps sédentaire par des volumes élevés d'AP légère sans augmenter l'AP modérée-
163 vigoureuse a permis de réduire l'insuline postprandiale, la triglycéridémie à jeun et le cholestérol
164 non-HDL chez des adultes sains (40). Chez des adultes atteints de DT2, l'augmentation du temps
165 passé debout et à marcher a amélioré le contrôle du glucose et la sensibilité à l'insuline. De plus, une
166 réduction de la pression artérielle diastolique et une amélioration du profil lipidique ont également
167 été notés (41, 42). Remplacer la sédentarité par de l'AP modérée-vigoureuse a également amélioré
168 ces paramètres métaboliques mais de façon moins prononcée. Ces études montrent que lorsque les
169 dépenses énergétiques sont équivalentes, remplacer des activités sédentaires par des volumes
170 élevés d'AP légère est plus bénéfique que de réaliser une session unique et continue d'AP modérée-
171 vigoureuse, du moins pour le contrôle du glucose, la sensibilité à l'insuline et la lipidémie. Au
172 contraire, bien que des sessions fréquentes d'AP d'intensité légères améliorent la fonction
173 endothéliale (43, 44), un seul épisode d'AP modérée-vigoureuse permettrait d'apporter des
174 bénéfices d'amplitude supérieure sur la fonction microvasculaire (45). Les études à venir devront
175 donc comparer davantage les effets sur le long terme de l'AP de légère intensité par rapport à ceux
176 de l'AP modérée-vigoureuse sur les facteurs clés de la santé cardiométabolique.

177 *Comment traduire ces recherches en pratique ?*

178 Bien que les effets bénéfiques de l'AP modérée-vigoureuse sur la santé ne soient plus à prouver (8),
179 elle ne tend pas à réduire le temps de sédentarité. En effet, les personnes physiquement actives,
180 même celles qui dépassent les recommandations, peuvent être aussi sédentaires que les personnes
181 physiquement inactives (46). Augmenter le volume d'AP modérée-vigoureuse peut même mener à
182 des compensations comportementales spontanées chez les adultes sédentaires, entraînant ainsi une
183 diminution des AP d'intensité légère (47). De plus, l'AP modérée-vigoureuse ne suffirait pas à
184 compenser entièrement les effets néfastes induits par de grands volumes de sédentarité (27). Nous
185 pouvons alors nous demander quelle est la quantité adéquate d'AP modérée-vigoureuse nécessaire
186 pour compenser les effets de la sédentarité. Une méta-analyse incluant plus d'un million d'individus a
187 montré que 60-75 min/jour d'AP modérée-vigoureuse sont nécessaires pour prévenir le risque de
188 décès prématuré associé à 9 heures ou plus passées assis par jour (48).

189 Alors que la majorité de la population n'atteint pas les recommandations pour la pratique de l'AP
190 (c'est-à-dire 30 min/jour d'AP modérée-vigoureuse, 5 jours/semaine), ajouter 30 à 45 minutes d'AP
191 supplémentaires par jour n'est pas réaliste. Par conséquent, bouger régulièrement de façon à
192 réintroduire de l'AP de toute intensité tout au long de la journée semble être une stratégie plus
193 pragmatique et prometteuse.

194 **Conclusion**

195 Jusqu'à récemment, les recommandations en pratique d'AP se basaient essentiellement sur la
196 pratique d'AP modérée à vigoureuse. Depuis quelques années, grâce à l'apparition de moyens de
197 mesures objectifs et précis des comportements de mouvement, les activités sédentaires ont révélé
198 être des éléments ayant une place à part entière dans la relation entre AP et santé métabolique. De
199 plus, il a été démontré que des volumes importants d'AP légère, considérée ici comme tous les
200 mouvements corporels associés aux activités de la vie quotidienne, sont bénéfiques pour la santé.
201 Sachant que le manque de temps est un obstacle majeur à la pratique d'exercice/AP modérée-
202 vigoureuse, réintroduire de l'AP légère tout au long de la journée pourrait être une stratégie efficace
203 pour réduire le temps sédentaire et ainsi prévenir ses effets négatifs sur la santé métabolique. Dans
204 cette optique, les dernières directives de l'OMS (3) publiées en 2020 encouragent la pratique d'une
205 activité physique de toute intensité pour réduire les comportements sédentaires. En pratique, il est
206 nécessaire d'encourager à changer les habitudes progressivement (figure 3) en s'asseyant moins et
207 en bougeant plus. Réduire le temps passé assis et incorporer des épisodes d'AP tout le long de la
208 journée pourrait constituer une première étape importante dans la modification durable des
209 habitudes d'AP au profit de la santé cardiométabolique, favorisant ainsi la transition progressive vers
210 la pratique d'AP modérée à vigoureuse. En résumé, être en bonne santé nécessite de rester moins
211 assis, bouger plus et le plus souvent possible.

Version acceptée

1. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2017;14(1):75.
2. Morris JN, Heady JA, Raffle PA, Roberts CG, Parks JW. Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet*. 1953;262(6795):1053-7.
3. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-62.
4. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14(1):75.
5. Ammar A, Brach M, Trabelsi K, Chtourou H, Boukhris O, Masmoudi L, et al. Effects of COVID-19 Home Confinement on Eating Behaviour and Physical Activity: Results of the ECLB-COVID19 International Online Survey. *Nutrients*. 2020;12(6).
6. ONAPS, sédentarité Ondlapedl. *Activité physique et sédentarité : évolution des comportements pendant le confinement (mars-mai 2020) - Rapport de l'Observatoire national de l'activité physique et de la sédentarité*. 2020 Décembre 2020.
7. Gérin C, Guillemot P, Bayat M, André AM, Daniel V, Rochcongar P. Enquête auprès des médecins généralistes sur leur expérience et leur avis en matière de prescription d'activité physique. *Science & Sports*. 2015;30(2):66-73.
8. Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Curr Opin Cardiol*. 2017;32(5):541-56.
9. Herman WH, Pan Q, Edelstein SL, Mather KJ, Perreault L, Barrett-Connor E, et al. Impact of Lifestyle and Metformin Interventions on the Risk of Progression to Diabetes and Regression to Normal Glucose Regulation in Overweight or Obese People With Impaired Glucose Regulation. *Diabetes Care*. 2017;40(12):1668-77.
10. Thyfault JP, Bergouignan A. Exercise and metabolic health: beyond skeletal muscle. *Diabetologia*. 2020;63(8):1464-74.
11. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219-29.
12. Stubbs RJ, Sepp A, Hughes DA, Johnstone AM, King N, Horgan G, et al. The effect of graded levels of exercise on energy intake and balance in free-living women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2002;26(6):866-9.
13. Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, Ruegsegger GN, Toedebusch RG. Lack of Exercise Is a Major Cause of Chronic Diseases. *Comprehensive Physiology*2012. p. 1143-211.
14. Katzmarzyk PT, Friedenreich C, Shiroma EJ, Lee IM. Physical inactivity and non-communicable disease burden in low-income, middle-income and high-income countries. *Br J Sports Med*. 2021:bjsports-2020-103640.
15. Bergouignan A, Rudwill F, Simon C, Blanc S. Physical inactivity as the culprit of metabolic inflexibility: evidence from bed-rest studies. *J Appl Physiol (1985)*. 2011;111(4):1201-10.
16. Bergouignan A, Momken I, Schoeller DA, Normand S, Zahariev A, Lescure B, et al. Regulation of energy balance during long-term physical inactivity induced by bed rest with and without exercise training. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95(3):1045-53.
17. Bergouignan A, Momken I, Lefai E, Antoun E, Schoeller DA, Platat C, et al. Activity energy expenditure is a major determinant of dietary fat oxidation and trafficking, but the deleterious effect of detraining is more marked than the beneficial effect of training at current recommendations. *Am J Clin Nutr*. 2013;98(3):648-58.
18. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health*. 2018;6(10):e1077-e86.

19. Du Y, Liu B, Sun Y, Snetselaar LG, Wallace RB, Bao W. Trends in Adherence to the Physical Activity Guidelines for Americans for Aerobic Activity and Time Spent on Sedentary Behavior Among US Adults, 2007 to 2016. *JAMA Netw Open*. 2019;2(7):e197597.
20. Loyen A, van der Ploeg HP, Bauman A, Brug J, Lakerveld J. European Sitting Championship: Prevalence and Correlates of Self-Reported Sitting Time in the 28 European Union Member States. *PLoS One*. 2016;11(3):e0149320.
21. Larras B, Praznocy C. État des lieux de l'activité physique et de la sédentarité en France – Mise à jour de l'édition 2017. Clermont-Ferrand : Observatoire national de l'activité physique et de la sédentarité, mai 2018. . 2018.
22. Ekelund U, Tarp J, Steene-Johannessen J, Hansen BH, Jefferis B, Fagerland MW, et al. Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis. *BMJ*. 2019;366:l4570.
23. Matthews CE, George SM, Moore SC, Bowles HR, Blair A, Park Y, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors and cause-specific mortality in US adults. *Am J Clin Nutr*. 2012;95(2):437-45.
24. Hu FB, Li TY, Colditz GA, Willett WC, Manson JE. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA*. 2003;289(14):1785-91.
25. Wilmot EG, Edwardson CL, Achana FA, Davies MJ, Gorely T, Gray LJ, et al. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*. 2012;55(11):2895-905.
26. Chau JY, Grunseit AC, Chey T, Stamatakis E, Brown WJ, Matthews CE, et al. Daily sitting time and all-cause mortality: a meta-analysis. *PLoS One*. 2013;8(11):e80000.
27. Le Roux E, De Jong NP, Blanc S, Simon C, Bessesen DH, Bergouignan A. Physiology of physical inactivity, sedentary behaviours and non-exercise activity: insights from the space bedrest model. *J Physiol*. 2022;600(5):1037-51.
28. Healy GN, Dunstan DW, Salmon J, Cerin E, Shaw JE, Zimmet PZ, et al. Breaks in sedentary time: beneficial associations with metabolic risk. *Diabetes Care*. 2008;31(4):661-6.
29. Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW, Winkler EA, Owen N. Sedentary time and cardio-metabolic biomarkers in US adults: NHANES 2003-06. *Eur Heart J*. 2011;32(5):590-7.
30. Dunstan DW, Kingwell BA, Larsen R, Healy GN, Cerin E, Hamilton MT, et al. Breaking up prolonged sitting reduces postprandial glucose and insulin responses. *Diabetes Care*. 2012;35(5):976-83.
31. Peddie MC, Bone JL, Rehrer NJ, Skeaff CM, Gray AR, Perry TL. Breaking prolonged sitting reduces postprandial glycemia in healthy, normal-weight adults: a randomized crossover trial. *Am J Clin Nutr*. 2013;98(2):358-66.
32. Holmstrup M, Fairchild T, Keslacy S, Weinstock R, Kanaley J. Multiple short bouts of exercise over 12-h period reduce glucose excursions more than an energy-matched single bout of exercise. *Metabolism*. 2014;63(4):510-9.
33. Bailey DP, Locke CD. Breaking up prolonged sitting with light-intensity walking improves postprandial glycemia, but breaking up sitting with standing does not. *J Sci Med Sport*. 2015;18(3):294-8.
34. Gillen JB, Estafanos S, Williamson E, Hodson N, Malowany JM, Kumbhare D, et al. Interrupting prolonged sitting with repeated chair stands or short walks reduces postprandial insulinemia in healthy adults. *Journal of Applied Physiology*. 2021;130(1):104-13.
35. Bergouignan A, Latouche C, Heywood S, Grace MS, Reddy-Luthmoodoo M, Natoli AK, et al. Frequent interruptions of sedentary time modulates contraction- and insulin-stimulated glucose uptake pathways in muscle: Ancillary analysis from randomized clinical trials. *Sci Rep*. 2016;6:32044.
36. De Jong NP, Rynders CA, Goldstrohm DA, Pan Z, Lange AH, Mendez C, et al. Effect of frequent interruptions of sedentary time on nutrient metabolism in sedentary overweight male and female adults. *J Appl Physiol (1985)*. 2019;126(4):984-92.

37. Smith JAB, Savikj M, Sethi P, Platt S, Gabriel BM, Hawley JA, et al. Three weeks of interrupting sitting lowers fasting glucose and glycemic variability, but not glucose tolerance, in free-living women and men with obesity. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2021;321(2):E203-E16.
38. Amagasa S, Machida M, Fukushima N, Kikuchi H, Takamiya T, Odagiri Y, et al. Is objectively measured light-intensity physical activity associated with health outcomes after adjustment for moderate-to-vigorous physical activity in adults? A systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2018;15(1):65.
39. Healy GN, Dunstan DW, Salmon J, Cerin E, Shaw JE, Zimmet PZ, et al. Objectively measured light-intensity physical activity is independently associated with 2-h plasma glucose. *Diabetes Care.* 2007;30(6):1384-9.
40. Duvivier BM, Schaper NC, Bremers MA, van Crombrugge G, Menheere PP, Kars M, et al. Minimal intensity physical activity (standing and walking) of longer duration improves insulin action and plasma lipids more than shorter periods of moderate to vigorous exercise (cycling) in sedentary subjects when energy expenditure is comparable. *PLoS One.* 2013;8(2):e55542.
41. Duvivier BM, Schaper NC, Hesselink MK, van Kan L, Stienen N, Winkens B, et al. Breaking sitting with light activities vs structured exercise: a randomised crossover study demonstrating benefits for glycaemic control and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetologia.* 2017;60(3):490-8.
42. Duvivier B, Schaper NC, Koster A, van Kan L, Peters HPF, Adam JJ, et al. Benefits of Substituting Sitting with Standing and Walking in Free-Living Conditions for Cardiometabolic Risk Markers, Cognition and Mood in Overweight Adults. *Front Physiol.* 2017;8:353.
43. Thosar SS, Bielko SL, Mather KJ, Johnston JD, Wallace JP. Effect of prolonged sitting and breaks in sitting time on endothelial function. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(4):843-9.
44. Dempsey PC, Owen N, Yates TE, Kingwell BA, Dunstan DW. Sitting Less and Moving More: Improved Glycaemic Control for Type 2 Diabetes Prevention and Management. *Curr Diab Rep.* 2016;16(11):114.
45. Duvivier B, Bolijn JE, Koster A, Schalkwijk CG, Savelberg H, Schaper NC. Reducing sitting time versus adding exercise: differential effects on biomarkers of endothelial dysfunction and metabolic risk. *Sci Rep.* 2018;8(1):8657.
46. Rantalainen T, Pesola AJ, Quittner M, Ridgers ND, Belavy DL. Are habitual runners physically inactive? *J Sports Sci.* 2018;36(16):1793-800.
47. Lefai E, Blanc S, Momken I, Antoun E, Chery I, Zahariev A, et al. Exercise training improves fat metabolism independent of total energy expenditure in sedentary overweight men, but does not restore lean metabolic phenotype. *Int J Obes (Lond).* 2017;41(12):1728-36.
48. Ekelund U, Steene-Johannessen J, Brown WJ, Fagerland MW, Owen N, Powell KE, et al. Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *The Lancet.* 2016;388(10051):1302-10.
49. Furman D, Campisi J, Verdin E, Carrera-Bastos P, Targ S, Franceschi C, et al. Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nat Med.* 2019;25(12):1822-32.
50. Mayer J, Roy P, Mitra KP. Relation between caloric intake, body weight, and physical work: studies in an industrial male population in West Bengal. *Am J Clin Nutr.* 1956;4(2):169-75.

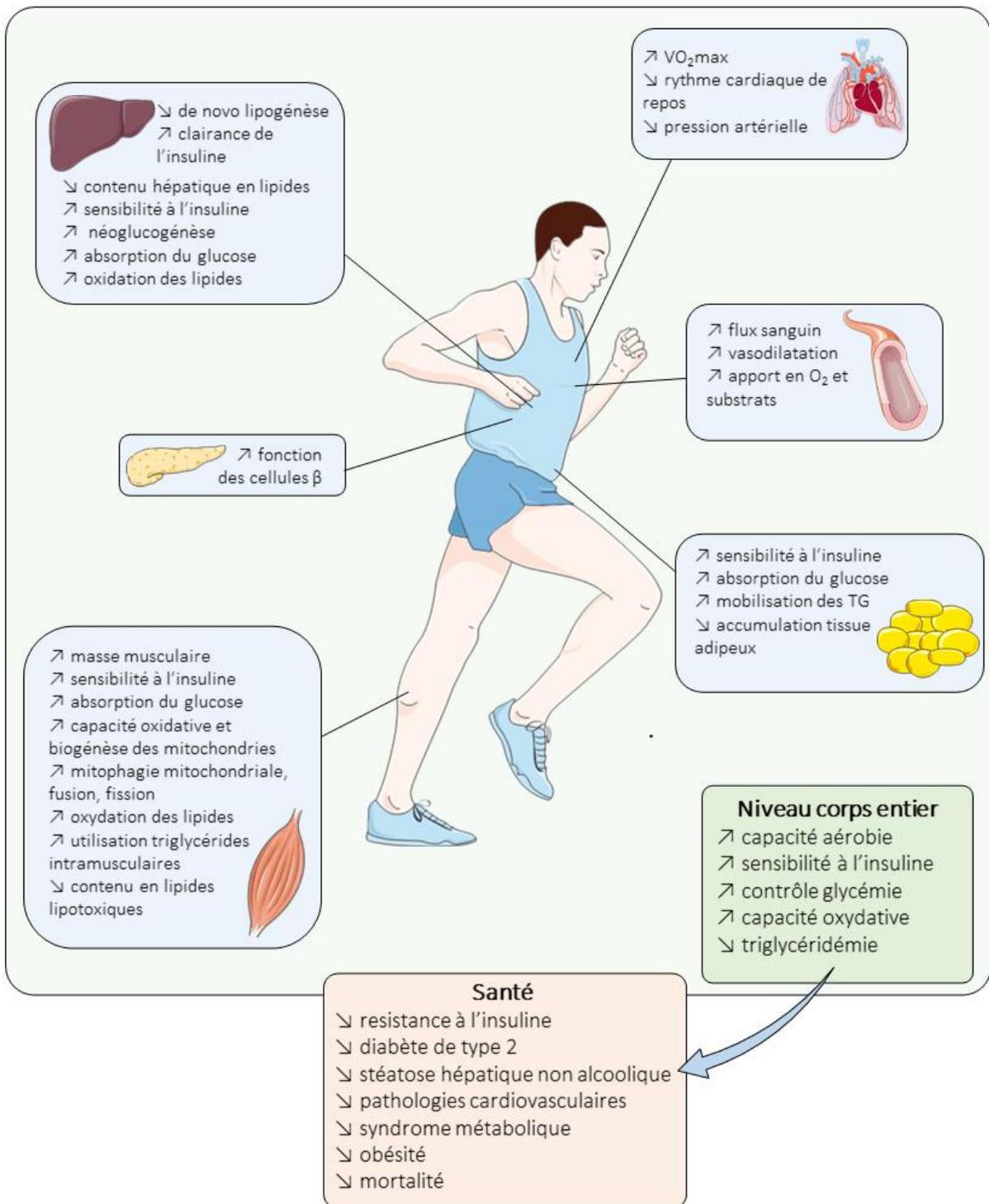


Figure 1 : Effets chroniques de l'exercice sur les organes clés impliqués dans la régulation du métabolisme et effets métaboliques associés.

Au niveau du système cardiovasculaire l'AP chronique, souvent effectuée sous forme d'un entraînement physique, diminue la fréquence cardiaque de repos et la pression artérielle, et augmente la capacité aérobie maximale (VO_2 max) ainsi que la masse musculaire. Le réseau microvasculaire se développe et la réponse vasodilatatrice est améliorée. La fonction des cellules

bêta du pancréas (synthèse et sécrétion d'insuline) augmente ainsi que la sensibilité à l'insuline des tissus périphériques. Ainsi l'absorption du glucose sanguin par les muscles, le tissu adipeux et le foie est améliorée. La capacité de mobilisation des acides gras depuis le tissu adipeux est meilleure de même que la capacité du foie à produire du glucose menant à une diminution de la *de novo* lipogénèse (synthèse d'acides gras à partir de précurseurs glucidiques). La capacité à utiliser les lipides du foie et du muscle ainsi que la capacité oxydative des mitochondries (production d'ATP) et leur biogénèse sont également améliorées. Ces effets entraînent en parallèle une diminution de la masse du tissu adipeux viscéral et du stockage ectopique des graisses (accumulation de graisses dans des tissus autres que le tissu adipeux) dans le foie, le muscle et les os. L'AP chronique, par ces adaptations structurales, fonctionnelles et métaboliques, jouerait ainsi un rôle clé dans la régulation de l'homéostasie énergétique et participe à augmenter la capacité aérobie (indice le plus fiable de mortalité précoce), la sensibilité à l'insuline, le contrôle de la glycémie, la capacité oxydative et à réduire la triglycéridémie. Elle permet également de diminuer l'inflammation chronique qui est impliquée dans le développement de nombreuses pathologies non-transmissibles (49) et d'améliorer le couplage entre énergie ingérée et dépensée par un meilleur contrôle des comportements alimentaires (50). Ces changements réduisent les risques de développer une résistance à l'insuline, un DT2, une stéatose hépatique non alcoolique, un syndrome métabolique, des pathologies cardiovasculaires, un surpoids et une obésité et in fine une mortalité précoce.



Figure 2 : alitement prolongé. Copyright : © CNES/MARTIN Emmanuelle, 2017

Version acc



Figure 3 : Réapprendre à bouger. Moins s'asseoir et bouger plus : cette approche implique des étapes de transitions simples en commençant dans un premier temps à se concentrer sur la réduction et la fragmentation du temps passé assis en privilégiant la position debout pour progressivement réintroduire la pratique d'activités légères. Cette augmentation progressive du mouvement dans la vie quotidienne serait alors une préparation vers la pratique d'activités d'intensité plus élevée sur le long terme.