

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Effets d'un programme d'entraînement structuré d'une durée de trois mois en présentiel versus en distanciel sur les excursions et la variabilité glycémiques ainsi que l'activité physique avec le rôle modulateur du sommeil chez les adultes vivant avec un diabète de type 2.

Présentée et soutenue publiquement le 7 octobre 2025 à 18h00 au Pôle Recherche
par Delphine RIOU



JURY

Présidente :

Madame la Professeure Anne VAMBERGUE

Directrices de thèse :

Madame la Professeure Elsa HEYMAN

Madame la Docteure Elodie LESPAGNOL

Assesseurs :

Madame la Docteure Isabelle POIROT

Monsieur le Professeur Rémy HURDIEL

Membre invité :

Monsieur le Docteur Rémi RABASA-LHORET

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.



SERMENT D'HIPPOCRATE



*Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur
et de la probité dans l'exercice de la Médecine.*

*Je promets et je jure de conformer strictement
ma conduite professionnelle aux principes traditionnels.*

*Admis(e) dans l'intérieur des maisons
mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe,
ma langue taira les secrets qui me seront confiés,
et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs,
ni à favoriser le crime.*

Je garderai le respect absolu de la vie humaine.

*Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage
de mes connaissances médicales contre les lois de l'Humanité.*

*Respectueux(euse) et reconnaissant(e) envers mes maîtres,
je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pairs.*

*Que les Hommes m'accordent leur estime
si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e)
de mes Confrères si j'y manque.*

Table des matières

I.	Abréviations	6
II.	Introduction	6
	A. Généralités sur le diabète de type 2	6
	B. Généralités sur l'activité physique et recommandations dans le DT2	7
	C. Les effets chronique de l'AP sur l'équilibre glycémique chez les personnes vivant avec un DT2 dans la littérature scientifique	8
	D. Les programmes d'entraînement supervisés en distanciel	10
	E. L'HbA1c, le gold standard ?	11
	F. Excursions hypoglycémiques/hyperglycémiques, variabilité glycémique et activité physique régulière dans le DT2	12
	G. Le sommeil et DT2	13
	H. AP et sommeil.....	14
	I. Impact du sommeil sur les excursions et la variabilité glycémique chez les personnes DT2	15
	J. Adhésion des personnes avec un DT2 aux programmes d'AP	16
III.	Objectif(s) du travail mené.....	17
IV.	Matériel et méthodes	18
	A. La population de l'étude	18
	B. Le protocole d'entraînement	18
	C. Les deux groupes.....	18
	D. Les séances du programme d'entraînement de 12 semaines	19
	E. Le recueil de données	20
	F. Analyse des excursions et de la variabilité glycémique à l'aide du capteur de glucose en continu	20
	G. Evaluation du sommeil à partir de l'accéléromètre	21
	H. Le niveau d'activité physique spontané et l'adhésion à l'activité physique	22
	I. Statistiques	22
V.	Résultats.....	24
	A. Caractéristiques initiales des participants à T0 (tableau 1 et 2, figure 1).....	24
	B. Taux de participation.....	26
	C. Effets de l'entraînement sur la variabilité et les excursions glycémiques (tableau 3, figure 2).....	26
	D. Effets de l'entraînement sur le sommeil (tableau 4, 5 et 6, figure 3)	28
	E. Effets de l'entraînement sur le niveau d'AP (tableau 7, figure 5).....	31
	F. Effets de l'entraînement sur la composition corporelle (Tableau 8)	33

VI.	Discussion	34
A.	Effets de l'entraînement sur l'équilibre glycémique	34
B.	Effets de l'entraînement sur le sommeil	35
C.	Effets de l'entraînement sur le niveau d'AP spontanée.....	37
D.	Forces et limites	38
VII.	Conclusion	39
VIII.	Perspectives.....	40
IX.	Bibliographie	43
X.	Annexes.....	47

I. Abréviations

ADA	American diabetes association
AP	Activité physique
CGM	Capteur de glucose en continu
DT2	Diabète de type 2
HbA1c	Hémoglobine glyquée
HGPO	Hyperglycémie provoquée par voie orale
IMC	Indice de masse corporelle
LPA	Activité physique légère
MVPA	Activité physique d'intensité modérée à vigoureuse
NS	Non significatif
SAOS	Syndrome d'apnée du sommeil
TST	Temps total de sommeil

II. Introduction

A. Généralités sur le diabète de type 2

Le diabète de type 2 (DT2) est une pathologie métabolique caractérisée par une altération de l'homéostasie glucidique et une insulino-résistance, conduisant à une hyperglycémie chronique. En France, plus de 3,8 millions de personnes étaient traitées pour un diabète en 2022, dont plus de 90 % pour un DT2, représentant une prévalence > 5 % de la population. À l'échelle mondiale, cette maladie est qualifiée d'épidémie : 537 millions d'adultes en étaient atteints en 2021, un chiffre qui pourrait s'élever à 783 millions d'ici 2045 (chiffres issus de santé publique France et santé.gouv.fr).

Le DT2 constitue un enjeu majeur de santé publique en raison de sa morbidité élevée et de ses complications chroniques, notamment cardiovasculaires, rénales, ophtalmiques et neurologiques. Sa prise en charge repose sur trois piliers fondamentaux : une alimentation adaptée, une activité physique régulière, et le recours à des traitements médicamenteux, voire chirurgicaux. L'objectif principal de cette prise en charge est de prévenir les complications aiguës et chroniques liées à la maladie. À ce titre, l'activité physique (AP) joue un rôle essentiel dans la prise en charge du DT2.

B. Généralités sur l'activité physique et recommandations dans le DT2

L'AP se définit comme tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques, entraînant une augmentation significative de la dépense énergétique. Elle englobe un large éventail d'activités quotidiennes, réalisées aussi bien pendant le temps libre que dans le cadre professionnel. On distingue l'exercice aérobique basé préférentiellement sur la filière oxydative, l'exercice anaérobique utilisant majoritairement la filière glycolytique ou en lien avec les éléments comprenant un groupement phosphate, et le renforcement musculaire visant à développer la force et l'endurance musculaire (1).

La combinaison de ces différents types d'exercices dans les programmes d'AP est désormais préconisée dans les recommandations de l'ADA pour la prise en charge du DT2 :

- Pratiquer plus de 150 minutes par semaine d'activité aérobique d'intensité modérée (marche rapide, vélo) ou plus de 75 minutes par semaine d'activité d'intensité vigoureuse (course à pied, sports intenses) réparties sur 3 jours par semaine, sans plus de 2 jours consécutifs sans activité.

- A compléter par 2 à 3 séances par semaine de renforcement musculaire, de souplesse et/ou d'exercices d'équilibre en évitant les jours consécutifs
- Eviter les périodes prolongées d'inactivité (travail sédentaire, écran...) en se levant, en marchant ou en effectuant de légers mouvements toutes les 30 minutes.

L'AP a un effet immédiat sur le métabolisme glucidique, observable dès la première séance, *via* la translocation rapide des transporteurs GLUT-4 vers la membrane plasmique des cellules musculaires, facilitant ainsi la captation du glucose lors des contractions musculaires.

Lorsqu'elle est pratiquée régulièrement, ces effets aigus peuvent devenir chroniques grâce à l'augmentation de l'expression de protéines clés (GLUT-4, AMPK, hexokinase II), et permet ainsi une amélioration durable de la sensibilité à l'insuline chez les patients atteints de DT2. Il en résulte alors une diminution de l'hyperglycémie (2). Une méta-analyse de 2016, portant sur une population de participants atteints de DT2 a montré une amélioration significative de la sensibilité à l'insuline pouvant persister jusqu'à 72 heures après la dernière séance d'AP, attestant d'un effet prolongé au-delà de la phase aiguë d'exercice (3).

C. Les effets chronique de l'AP sur l'équilibre glycémique chez les personnes vivant avec un DT2 dans la littérature scientifique

L'AP est largement reconnue pour ses effets bénéfiques sur la régulation de la glycémie chez les personnes atteintes d'un DT2 dans la littérature scientifique.

Une méta-analyse publiée en 2019 (4), incluant près de 850 sujets atteints de DT2, a examiné les effets de programmes d'entraînement d'une durée comprise entre 1,5 mois et 1 an sur

l'HbA1c, l'insulino-résistance (HOMA-IR) et la composition corporelle (IMC), en comparaison avec des groupes sans exercice. Elle montre que les programmes d'exercice structuré améliorent significativement l'équilibre glycémique (glycémie à jeun et HbA1c), la sensibilité à l'insuline et la composition corporelle.

Dans un essai randomisé contrôlé publié en 2010, 262 participants sédentaires atteints de DT2 ont été assignés pendant 9 mois à l'un de ces 4 groupes : exercice aérobic, renforcement musculaire, combiné et contrôle. Le taux moyen d'HbA1c avant intervention était de 7,7 %. Après l'intervention, seule la combinaison aérobic + renforcement a permis une réduction significative de l'HbA1c (-0,34 %), contrairement aux groupes aérobic ou renforcement pris isolément (5).

Dans une autre méta-analyse publiée en 2011, regroupant 47 essais randomisés contrôlés soit plus de 8500 adultes atteints d'un DT2, l'entraînement physique structuré a permis une diminution moyenne de l'HbA1c pouvant atteindre -0,67 % par rapport aux groupes contrôles, après au moins 12 semaines de pratique. L'ampleur de cette réduction variait selon le type d'exercice : elle était plus prononcée pour l'entraînement aérobic (-0,73 %), comparativement au renforcement musculaire (-0,57 %). Lorsque l'AP était réalisée de manière régulière et prolongée, au-delà de 150 minutes par semaine soit en accord avec les recommandations de l'ADA, la baisse de l'HbA1c pouvait atteindre -0,89 % (6).

Ainsi, de nombreuses études et méta-analyses confirment que l'AP structurée, qu'elle soit aérobic, de renforcement musculaire ou combinée, exerce un effet bénéfique significatif sur l'hyperglycémie chronique, telle que reflétée par l'HbA1c mais également les mécanismes de l'insulino-résistance sous-jacent à la physiopathologie du DT2.

D. Les programmes d'entraînement supervisés en distanciel

Plusieurs études menées chez des populations non diabétiques ont montré que des programmes d'AP à distance, réalisés par visioconférence ou via des plateformes numériques, pouvaient produire des effets comparables à ceux en présentiel. En revanche, les données restent limitées concernant les personnes atteintes de DT2, voir discordantes.

Chez des adultes non diabétiques âgés, une méta-analyse a évalué les effets de programmes d'entraînement réalisés à domicile avec un retour d'information à distance pendant les séances. Deux études de cette méta-analyse montrent que bénéficier de ce feedback direct permet d'obtenir des effets comparables à ceux d'un programme en présentiel sur la condition physique (7).

Une étude comparative menée en 2024 auprès de 40 participants vivant avec un DT2 a évalué un programme de télé-exercice supervisé de 12 semaines de renforcement musculaire (2 séances hebdomadaires d'une heure) par rapport à un entraînement en présentiel (3 séances/semaine). Les résultats montrent que le télé-exercice induit des bénéfices post-séance sur la glycémie capillaire cliniquement significatifs et comparables à ceux observés avec le programme en présentiel, malgré une fréquence moindre (8).

Cependant, une méta-analyse publiée en 2025 a montré que les programmes de renforcement musculaire réalisés en salle étaient plus efficaces que ceux à domicile pour réduire l'HbA1c chez des personnes atteintes de DT2. Cette différence pourrait s'expliquer par un meilleur encadrement, une meilleure adhésion et un matériel plus approprié en environnement structuré (9).

E. L'HbA1c, le gold standard ?

L'HbA1c est classiquement utilisée pour évaluer le contrôle glycémique à long terme chez les sujets vivants avec un DT2, en reflétant la moyenne des glycémies sur les trois derniers mois. Cependant, d'autres indicateurs jouent un rôle essentiel dans l'évaluation de l'équilibre glycémique chez une personne diabétique, comme la durée passée en hypo- ou hyperglycémie ainsi que la variabilité glycémique, lesquels peuvent altérer la fonction vasculaire indépendamment du taux d'HbA1c.

Dans un essai randomisé en double aveugle réalisé en 2017 (10) chez plus de 7 500 sujets atteints de DT2, une variabilité glycémique quotidienne à jeun élevée s'est révélée être un facteur de risque indépendant d'hypoglycémie sévère et de mortalité toutes causes. De façon similaire, une étude de 2019 (11) menée chez des patients diabétiques présentant un syndrome coronarien aigu a montré qu'une variabilité glycémique supérieure à 50 mg.dL⁻¹ constitue le principal facteur prédictif indépendant d'événements cardiovasculaires majeurs à moyen terme. Ces résultats renforcent l'idée que la prise en compte des excursions hypo- et hyperglycémiques pourrait aider à apprécier le risque vasculaire global et de mortalité chez les personnes atteintes de DT2, renforçant ainsi leur pertinence clinique.

Par ailleurs, lorsque l'HbA1c est utilisée pour évaluer l'impact d'un programme d'entraînement de 2 à 3 mois sur l'hyperglycémie, elle reflète à la fois les effets aigus de l'activité physique (répétés au fil des séances) et les effets chroniques liés à leur accumulation. L'analyse du temps passé en hyperglycémie au cours de la semaine suivant l'arrêt de l'entraînement permet

d'isoler spécifiquement les effets chroniques, indépendamment des effets aigus observés pendant la période d'entraînement.

F. Excursions hypoglycémiques/hyperglycémiques, variabilité glycémique et activité physique régulière dans le DT2

Peu d'études se sont intéressées aux effets de l'entraînement physique sur les excursions glycémiques, incluant la glycémie à jeun, postprandiale, ainsi que les épisodes d'hypo- et d'hyperglycémie, dans le cadre d'une semaine de vie quotidienne.

Dans une étude de 2018 (12), 29 participants atteints de DT2 ont été répartis en trois groupes suivant un programme de 3 séances hebdomadaires sur 11 semaines : entraînement aérobic continu modéré (40 minutes de vélo à 50 % de la charge maximale), entraînement aérobic intermittent intense (10 intervalles d'une minute à 95 % de la charge maximale entrecoupés d'une minute de récupération active) et groupe sans entraînement. Outre le recueil de l'HbA1c, de l'HGPO et de la glycémie à jeun, le suivi continu par capteur de glucose (CGM) a montré suite à l'entraînement aérobic modéré une amélioration significative dans la glycémie moyenne et le pourcentage de temps $>180 \text{ mg.dL}^{-1}$ là où il n'y en avait pas pour l'HbA1c.

Ainsi, l'utilisation d'un CGM et l'accès à ses données offrent une lecture plus fine et dynamique du contrôle glycémique qu'une mesure d'HbA1c seule.

Au-delà de l'amélioration de la sensibilité à l'insuline en réponse à l'entraînement qui pourrait représenter un mécanisme clé de l'amélioration des excursions hyperglycémiques, d'autres

acteurs pourraient être impliqués. A ce titre, le sommeil pourrait avoir un rôle à jouer, puisque, comme détaillé ci-dessous, il peut participer à certains déséquilibres glycémiques et être influencé par l'AP.

G. Le sommeil et DT2

La relation entre sommeil et DT2 s'inscrit dans un cercle métabolique vicieux : les troubles du sommeil favorisent le déséquilibre glycémique, tandis qu'un diabète mal équilibré s'accompagne fréquemment de perturbations du sommeil.

En effet, les troubles du sommeil sont particulièrement fréquents chez les patients atteints d'un diabète de type 2 avec une prévalence estimée jusqu'à 86 % pour l'apnée obstructive du sommeil et 39 % pour l'insomnie (13) (14).

Une étude transversale (15) menée auprès de 1 211 patients atteints de diabète de type 2 a montré que 81 % présentaient une mauvaise qualité du sommeil (avec un score PSQI >8). Par ailleurs, une méta-analyse de 2017 étudiant la relation entre qualité/ quantité de sommeil sur l'HbA1c chez des adultes vivant avec un DT2, a montré qu'une durée de sommeil trop courte (<5–6 h) ou trop longue (>8–9 h) était associée à une élévation significative de l'HbA1c, suggérant une relation en U. De même, une mauvaise qualité de sommeil (score PSQI) était également corrélée à une augmentation moyenne de l'HbA1c de +0,35 % (16).

La physiopathologie sous-jacente est complexe : la perturbation du sommeil entraîne une résistance accrue à l'insuline, une activation de l'axe hypothalamo–hypophyso–surrénalien avec une sécrétion excessive de cortisol, ainsi qu'une dérégulation des signaux de satiété,

notamment *via* une baisse de la leptine, favorisant ainsi une augmentation de la prise alimentaire. Chez les patients atteints de DT2, ces mécanismes sont souvent associés à une mauvaise observance thérapeutique, une alimentation déséquilibrée, une réduction de l'activité physique et une fatigue accrue, contribuant à l'aggravation du déséquilibre glycémique (17).

Les recommandations de bonnes pratiques publiées par l'ADA en 2025 soulignent l'importance d'un sommeil régulier et ininterrompu, y compris les week-ends. Une hygiène de sommeil rigoureuse est encouragée, comprenant : des horaires fixes de coucher et de lever, un environnement calme, sombre, à température et humidité contrôlées, ainsi qu'une routine relaxante avant le coucher. Il est également recommandé de mettre les appareils électroniques en mode silencieux, de pratiquer une activité physique en journée, d'éviter les siestes, de limiter la caféine, la nicotine et les aliments épicés en soirée, et de ne pas consommer d'alcool avant de dormir. En cas de troubles persistants, une consultation avec un spécialiste du sommeil est conseillée afin d'en explorer les causes médicales et comportementales.

Ainsi, la santé du sommeil constitue un levier thérapeutique, encore trop souvent négligé, pour améliorer durablement le contrôle glycémique chez les patients atteints de DT2.

H. AP et sommeil

Les bénéfices de l'exercice physique sur la qualité du sommeil sont bien établis dans la littérature. Une méta-analyse publiée en 2021, menée auprès de populations non spécifiquement diabétiques, a montré qu'une pratique régulière d'AP améliore

significativement la qualité du sommeil. Dans 14 études incluses, cette amélioration a été objectivée *via* le score du PSQI, avec une diminution moyenne de -2,19 (18).

En revanche, la relation entre AP et sommeil chez les patients atteints de DT2 a été beaucoup moins étudiée. Une étude transversale menée en 2023 auprès de 2 646 adultes âgés atteints de DT2, sur la base de données auto-déclarées, a montré que la pratique régulière d'AP était significativement associée à une diminution des troubles cognitifs, effet médié par une amélioration de la qualité du sommeil et une réduction des symptômes dépressifs (19).

I. Impact du sommeil sur les excursions et la variabilité glycémique chez les personnes DT2

Compte tenu des interactions entre sommeil et équilibre glycémique ainsi que l'effet probable de l'AP régulière sur le sommeil, nous nous interrogeons : l'AP régulière, telle que recommandée dans le cadre de la prise en charge du diabète, pourrait-elle améliorer l'équilibre glycémique en agissant sur la qualité et la quantité de sommeil, en plus de son effet bien établi sur la sensibilité à l'insuline ?

Une étude de 2023, réalisée en conditions de vie réelle sur 7 jours chez 28 personnes vivant avec un DT2 âgées en moyenne de 60 ans et traitées par pompe à insuline, a examiné l'association entre le contrôle glycémique et les habitudes de sommeil, les horaires des repas ainsi que l'activité physique. Les données du CGM, de l'activité physique, du sommeil (accéléromètre) ainsi que les horaires de repas ont été recueillis simultanément avec l'administration d'insuline.

Les résultats ont montré que plus le sommeil était long, plus la variabilité glycémique était faible. L'AP moyenne sur la semaine, très faible, n'était pas associée au contrôle glycémique moyen, sauf les jours où les participants réalisaient au moins 1 heure d'activité supérieure à 1,5 METs, où une diminution de la variabilité glycémique était constatée ce jour-là (20).

Toutefois, aucune étude longitudinale de plus d'une semaine n'a encore démontré de lien de causalité entre l'AP répétée (i.e. entraînement) et l'amélioration du sommeil, qui pourrait par ailleurs participer à l'amélioration de l'équilibre chez les patients vivant avec un DT2. Ces résultats soulignent l'intérêt de mener des travaux prospectifs évaluant l'impact d'un programme d'entraînement physique sur le sommeil sur l'équilibre glycémique dans cette population.

J. Adhésion des personnes avec un DT2 aux programmes d'AP

Bien que les effets bénéfiques chroniques de l'AP soient bien démontrés, les recommandations en matière d'AP établies par l'ADA pour les personnes atteintes de DT2 restent insuffisamment respectées par rapport à la population sans diabète.

Une revue de littérature publiée en 2018 (21), met en évidence que les personnes vivant avec un DT2 sont plus sédentaires et moins actives que les individus non diabétiques. Issues de cette revue, deux études fondées sur des mesures par accéléromètre l'illustrent : la première rapporte que seuls 9,1 % des personnes avec un diabète atteignent les recommandations d'activité physique, contre 13,1 % des sujets sans diabète (22); la seconde montre qu'elles passent en moyenne 926 minutes par jour dans des activités sédentaires ou de faible intensité, contre 898 minutes chez les témoins (23).

Si les bénéfices des programmes en présentiel pour les personnes atteintes de DT2 sont bien établis, qu'en est-il des interventions à distance ?

Durant la pandémie de Covid-19, ce format s'est largement développé afin de garantir la sécurité sanitaire. Or, les programmes à distance présentent plusieurs autres atouts : ils peuvent être suivis depuis chez soi, éliminant ainsi les déplacements et les frais associés, tout en offrant une plus grande flexibilité horaire et une meilleure accessibilité pour les personnes vivant loin des centres spécialisés ou rencontrant des difficultés de mobilité. Comme démontré dans cette étude de 2022, il existe des inégalités territoriales dans la pratique de l'AP : les personnes atteintes de diabète habitant en dehors des zones métropolitaines respectent moins fréquemment les recommandations en matière d'activité physique que celles résidant en zones urbaines, ce qui souligne l'importance de proposer des programmes d'AP en distanciel (24).

III. Objectif(s) du travail mené

L'objectif principal de cette thèse est d'analyser les effets chroniques d'un programme d'entraînement physique structuré de 3 mois, combinant renforcement musculaire et activité aérobie, sur les excursions hypo et hyperglycémiques ainsi que la variabilité glycémique en conditions de vie réelle chez des patients atteints de DT2. L'étude examinera également le rôle potentiel de la quantité et qualité de sommeil dans la modulation de ces réponses métaboliques.

IV. Matériel et méthodes

A. La population de l'étude

L'étude incluait des personnes âgées de 48 à 79 ans, vivant avec un diabète de type 2 et sans pratique régulière d'activité physique (jamais ou rarement). Le recrutement a été réalisé principalement au CHRU de Lille, à la CARSAT Hauts-de-France, à Santelys, ainsi qu'auprès de certains médecins généralistes.

Les participants sélectionnés comprenaient les modalités du protocole (CER STAPS SuperVisAP n° IRB00012476-2021-24-09-126), consentaient à y participer, et disposaient d'un certificat médical attestant l'absence de contre-indication à la pratique d'une activité physique. La possession d'un ordinateur avec accès à internet était également requise.

B. Le protocole d'entraînement

Le protocole reposait sur un programme d'entraînement d'une durée de trois mois à raison de 2 à 3 séances hebdomadaires, combinant des exercices aérobies et de renforcement musculaire. Chaque séance d'activité physique adaptée (APA) collective était supervisée par un enseignant en activité physique adaptée (EAPA), en présentiel comme en distanciel.

C. Les deux groupes

Après une randomisation individuelle par tirage au sort, les participants ont été répartis en deux groupes : un groupe suivant le programme en présentiel et un autre bénéficiant du même programme à distance (*i.e.* visioconférence).

Afin de pallier aux contraintes liées à la pratique à distance (comme le cadrage de la caméra ou l'espace disponible au domicile servant de lieu d'AP), le protocole a été ajusté de manière à ce que les deux groupes bénéficient des mêmes séances d'APA.

Ainsi, un même lot standardisé de matériel a été utilisé pour l'ensemble des séances. Ce lot comprenait notamment des élastiques de 10 à 15 kg, des haltères de 1 ou 2kg, une médecine ball de 1 ou 2kg, un swiss ball et un tapis de gym. Pour le groupe distanciel, le matériel a été remis aux participants en amont des séances et pendant toute la durée du protocole.

Les participants du groupe présentiel ont réalisé les séances d'AP sur les plateaux de la plateforme du Centre Universitaire de Réentraînement par l'Activité Physique et le Sport (CURAPS) situé dans le bâtiment Eurasport (Université de Lille). En parallèle, ceux du groupe distanciel ont suivi les séances à domicile via le logiciel de visioconférence Zoom.

D. Les séances du programme d'entraînement de 12 semaines

Les séances d'entraînement étaient divisées en 5 parties : l'échauffement (7 à 15min), l'équilibre (10 à 15min), la partie aérobique (10 à 20min), le renforcement musculaire (30 à 40 min) ainsi que les étirements (10 minutes).

Un même contenu de séance était proposé à l'ensemble des participants au cours d'une même semaine, puis renouvelé chaque semaine afin de maintenir la diversité des exercices.

Les exercices aérobiques étaient réalisés sous forme d'efforts intermittents, avec une progression graduelle de l'intensité au fil du programme. L'intensité des phases de travail augmentait de 60 % à 85 % de la fréquence cardiaque maximale (FCmax) en fin de cycle, vérifiées via le port

d'un cardiofréquencemètre en séance. Chaque phase d'effort était systématiquement suivie d'une période de récupération active. La partie consacrée au renforcement musculaire comprenait des exercices ciblant l'ensemble. Chaque exercice était structuré en 3 à 4 séries de 10 à 15 répétitions.

E. Le recueil de données

L'ensemble des données a été recueilli de manière prospective sur 4 ans auprès de 97 participants répartis en 11 cohortes successives. La collecte des données s'effectuait à deux temps clés : sur une semaine de vie habituelle avant le début du programme (T0) et à son issue 3 mois plus tard (T3). L'ensemble des dispositifs de mesure (accéléromètre, CGM) et des formulaires/questionnaires (semainier alimentaire et des traitements, livret des heures de lever et coucher, PSQI) était remis en main propre aux participants dans une enveloppe à T0, puis récupéré à T3. Le capteur de glucose en continu était posé lors de la remise du matériel, et des consignes détaillées étaient données concernant l'utilisation de l'accéléromètre.

Les abandons du programme d'entraînement pendant les 3 mois ont été relevés. En fin de programme, un taux global d'adhésion de moins de 33% sur un total attendu d'un minimum de 24 séances sur les 3 mois (correspondant à 2 séances par semaine sur 3 mois) était considéré comme une trop faible adhésion et le participant était alors exclu des analyses.

F. Analyse des excursions et de la variabilité glycémique à l'aide du capteur de glucose en continu

Chaque participant a porté un capteur de glucose en continu (1 valeur toutes les 15 mins, Freestyle Pro iQ, Abbott) en mode aveugle pendant 14 jours, à T0 puis T3. Pour les personnes

déjà équipées d'un CGM dans le cadre de leur insulinothérapie, les données glycémiques restaient naturellement accessibles en temps réel.

Selon les recommandations internationales (25), l'analyse des excursions glycémiques portait sur le temps passé en hypoglycémie (glycémie <70 mg.dL⁻¹) ainsi que le temps passé en hyperglycémie, selon différents seuils (>180 mg.dL⁻¹, 250 mg.dL⁻¹). Le temps passé en normoglycémie (70-180 mg.dL⁻¹) a été pris en compte tout comme la variabilité glycémique avec le coefficient de variation.

G. Evaluation du sommeil à partir de l'accéléromètre

Le sommeil a été évalué à l'aide d'un accéléromètre GT9X (ActiGraph), porté du coucher jusqu'au lever au poignet non dominant pendant une durée de 7 jours, à T0 puis T3. Cet appareil permettait d'estimer la quantité de sommeil (durée totale de sommeil) et plusieurs paramètres de qualité de sommeil tels que la latence d'endormissement, le nombre de minutes éveillées après l'endormissement, ainsi que le nombre de réveils nocturnes. Les analyses de ces différents paramètres ont été réalisées grâce au logiciel Actilife (V6 13.6 – Actigraph®) et l'algorithme de Cole-Kripke et al. (1992).

La qualité subjective du sommeil a également été évaluée à l'aide du questionnaire Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (voir annexe). Ce questionnaire comprend 19 items regroupés en 8 composantes, couvrant les domaines suivants : qualité perçue du sommeil, latence d'endormissement (délai entre la fermeture des yeux et l'endormissement), durée du sommeil, efficacité du sommeil, perturbations nocturnes, usage de médicaments pour dormir,

somnolence ou fatigue diurne, ainsi que le score global du PSQI. Le score global, calculé à partir des composantes, varie de 0 à 21. Un score de 0 reflète une absence de difficulté de sommeil. Les scores entre 1 et 7 indiquent des troubles légers, entre 8 et 14 des troubles modérés, et entre 15 et 21 des troubles sévères.

H. Le niveau d'activité physique spontané et l'adhésion à l'activité physique

Le niveau d'activité physique a été évalué à l'aide d'un accéléromètre triaxial GT9X (ActiGraph), porté au poignet pendant 7 jours à T0 puis T3. Cet appareil permettait d'estimer la répartition du temps passé en sédentarité ainsi que le temps consacré à des activités physiques de différentes intensités. Les analyses de ces différentes plages d'activités ont été réalisées grâce au logiciel Actilife (V6 13.6 – Actigraph®) et les seuils de Montoye et *al.* (2020).

La sédentarité (SED) est définie comme <2860 counts/min, l'AP légère (LPA) comme comprise entre 2860 et 3940 counts/min et l'AP modérée à intense (MVPA) comme ≥ 3941 counts/min (les counts étant ceux du vecteur magnitude des 3 axes).

I. Statistiques

Les statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics (Version 30.0). Le seuil de significativité était fixé à $P < 0.05$. La normalité des données a été évaluée à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov. Les caractéristiques des 2 groupes à T0 ainsi que le taux moyen d'adhésion sont comparés à l'aide d'un test t de Student pour les données paramétriques ou d'un U Mann Whitney pour les données non paramétriques. Des modèles mixtes linéaires ont été réalisés

pour évaluer l'impact de l'entraînement (mesure à 3 mois vs 0 mois) sur les paramètres glycémiques, le niveau d'activité physique habituel ou encore la quantité ou la qualité du sommeil. Dans ces modèles, le facteur 'entraînement' était mis en interaction avec d'autres covariables d'intérêt (le groupe distanciel vs présentiel, certaines caractéristiques des participants, âge, sexe, IMC). Dans une autre série de modèles sur les effets de l'entraînement sur les paramètres glycémiques, nous avons ajouté en covariable la quantité totale de sommeil (à 0 mois et à 3 mois) pour voir son effet modulateur. Pour tous ces modèles mixtes linéaires, nous avons vérifié la normalité des résidus de type 1 et de type 2.

V. Résultats

A. Caractéristiques initiales des participants à T0 (tableau 1 et 2, figure 1)

Quatre-vingt-dix-sept participants ont été initialement inclus dans l'étude. Les analyses ont porté sur quarante-deux d'entre eux, dont vingt-sept dans le groupe présentiel et quinze dans le groupe distanciel (tableau 1, figure 1). L'échantillon final se composait de vingt hommes et de vingt-deux femmes. Cinquante-cinq participants n'ont pas mené le programme à terme ou ont assisté à moins d'un tiers des séances, principalement en raison de contraintes familiales ou professionnelles, de problèmes de santé ou de la difficulté à suivre le protocole de manière assidue.

Figure 1 : Diagramme de flux

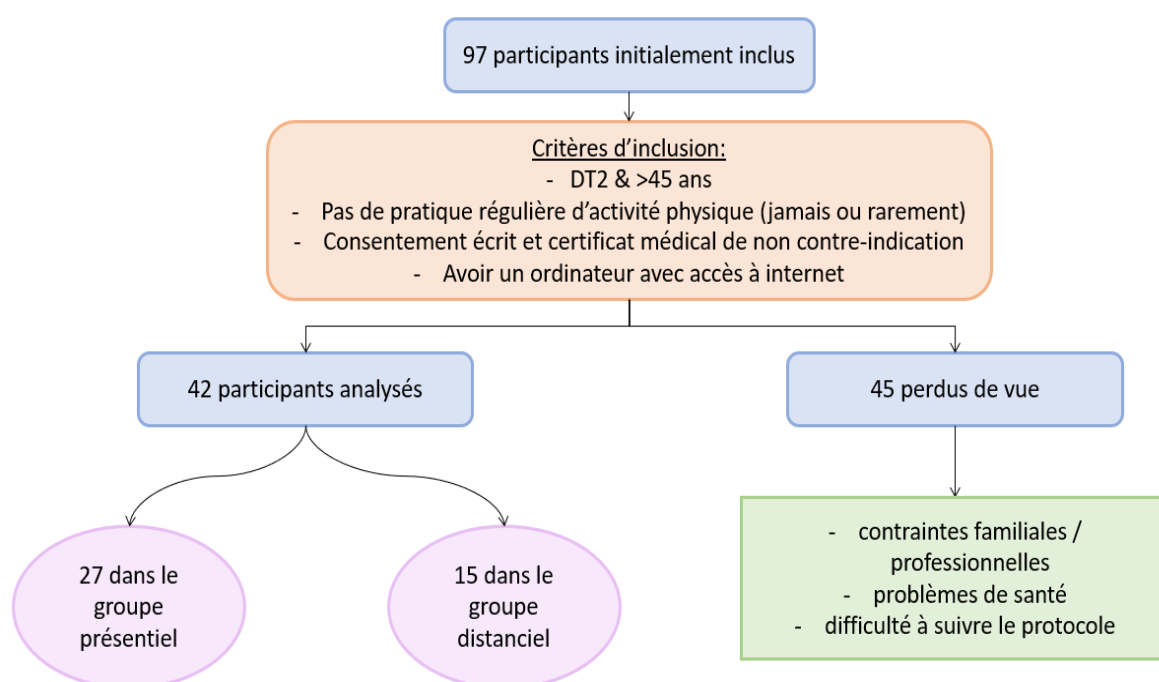


Tableau 1. Tableau de contingence sexe & présentiel/distanciel :

	Présentiel (N=27)	Distanciel (N=15)	Totaux (N=42)
Hommes (N=20)	N=14	N=6	
Femmes (N=22)	N=13	N=9	

Les caractéristiques initiales des participants à T0 sont présentées dans le tableau 2. Les participants avaient entre 48 et 76 ans. Il n'a pas été retrouvé de différence significative entre les 2 groupes.

Tableau 2. Tableau des caractéristiques initiales des participants à T0

	Présentiel (P) (N=27)	Distanciel (D) (N=15)	Différence entre P et D à T0
Age (ans) (N=42)	62,15 ± 7,65 (48-76)	61,18 ± 9,39 (50-73,4)	Test t de Student : NS avec $p = 0,71$
Thérapeutique anti-diabétique (N=39) • RHD • ADO ± analogues GLP1 • Insulinothérapie ± ADO	N = 2 (7,4%) N = 19 (70%) N = 6 (22,2%)	N = 4 (33,3%) N = 4 (33,3%) N = 4 (33,3%)	
IMC (kg/m²) (N=37) • IMC <25kg/m ² • IMC entre 25 et 30kg/m ² • IMC entre 30 et 35kg/m ² • IMC >35kg/m ² • IMC >40kg/m ²	32,1 ± 8,5 (19,3-52,0) N = 5 (18,5%) N = 10 (37%) N = 3 (11%) N = 4 (14,8%) N = 5 (18,5%)	34,3 ± 4 (28,5-38,7) N = 0 N = 2 (20%) N = 4 (40%) N = 4 (40%) N = 0	Test t de Student : NS avec $p = 0,42$
Apnées du sommeil : (N=42)	N = 5 (12%)	N = 4 (9%)	
Appareillage SAOS : (N=42)	N = 1 (2%)	N = 0	

Légende :

RHD : règles hygiéno-diététiques ; ADO : anti-diabétiques oraux.

Les valeurs indiquées sont des moyennes ± SD (min-max), des nombres (N) ou le % de participants.

B. Taux de participation

Le taux moyen de participation était supérieur à 76 % dans le groupe en présentiel en comparaison au groupe en distanciel (76% vs 55,6% ; U Mann-Withney, $p < 0.05$).

C. Effets de l'entraînement sur la variabilité et les excursions glycémiques (tableau 3, figure 2)

A T0, le groupe présentiel passait plus de temps entre 70 mg.dL⁻¹ et 140 mg.dL⁻¹ ($p = 0,042$).

Aucune différence significative n'a été retrouvée pour les autres paramètres à T0.

Après l'intervention, aucune amélioration n'a été constatée concernant la glycémie moyenne, le pourcentage de temps passé en hypoglycémie ($< 70 \text{ mg.dL}^{-1}$), le pourcentage de temps passé avec une glycémie entre 70-140mg.dL⁻¹ ou 70-180mg.dL⁻¹.

En revanche, le programme d'entraînement a réduit significativement le pourcentage de temps passé en hyperglycémie pour des valeurs $> 250 \text{ mg.dL}^{-1}$ ($e = -3,03\%$ avec $p = 0,020$) et $> 300 \text{ mg.dL}^{-1}$ ($e = -0,41\%$ avec $p = 0,023$), sans différence d'évolution entre les 2 groupes (Figure 2). L'amélioration de ces temps en hyperglycémies s'est avérée moins importantes chez les sujets les plus âgés (interaction temps x âge : $e = + 0,05\%$ par année supplémentaire entre T0 et T3 avec $p = 0,016$).

Tableau 3. Tableau des paramètres glycémiques avant et après l'entraînement

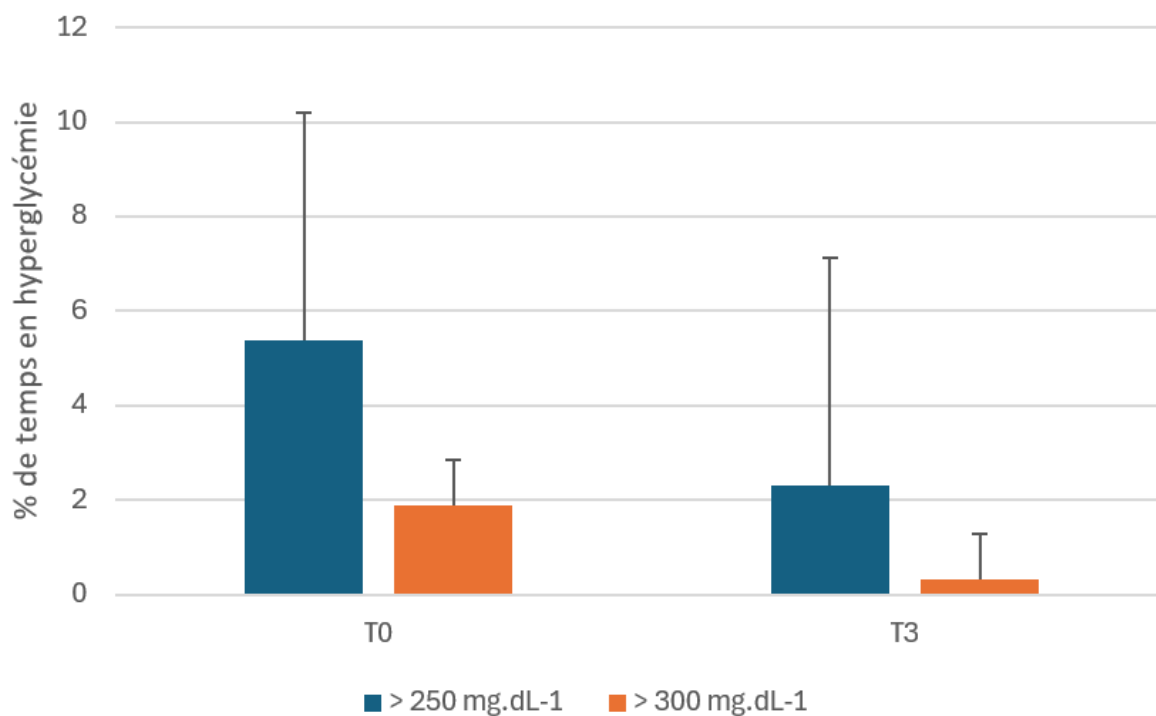
	T0		T3	
	Présentiel	Distanciel	Présentiel	Distanciel
Glycémie moyenne (mg.dL⁻¹)	139,71 ± 27,86 (100,3-214,9)	164,25 ± 47,82 (113,7-298,3)	144,28 ± 27,29 (105,98-207,1)	149,5 ± 16,19 (124,6-173)
Coefficient de variation (%)	23,12 ± 4,91 (13,7-33,4)	22,08 ± 6,26 (8,2-32,2)	22,01 ± 4,13 (15,2-29,4)	20,88 ± 4,34 (14,9-28,5)

% du temps passé < 70 mg.dL ⁻¹	0,5 ± 0,98 (0-3,3)	0,34 ± 0,78 (0-2,2)	0,22 ± 0,39 (0-1,22)	0,52 ± 0,98 (0-2,9)
% du temps passé entre 70 et 140 mg.dL ⁻¹	59,01 ± 25,94 (0,4-98,7)	39,9 ± 22,91 (0-84,0)	55,0 ± 24,02 (5,67-92,7)	42,36 ± 16,30 (18,6-66,1)
% du temps passé entre 140 et 180 mg.dL ⁻¹	82,29 ± 17,91 (28,8-100)	70,91 ± 25,93 (0-92,7)	81,44 ± 19,72 (31,3-99,5)	79,62 ± 13,98 (57,7-93,2)
% du temps passé > 180 mg.dL ⁻¹	17,26 ± 18,11 (0-71,1)	28,74 ± 26,19 (5,0-100)	18,33 ± 19,77 (0-68,6)	19,85 ± 14,16 (6,11-42,2)
% du temps passé > 250 mg.dL ⁻¹	2,51 ± 6,03 (0-23,3)	11,9 ± 29,4 (0-100)	2,97 ± 5,74 (0-19,2)	1,0 ± 1,33 (0-2,8)
% du temps passé > 300 mg.dL ⁻¹	0,48 ± 2,0 (0-9,9)	5,07 ± 15,97 (0-53,2)	0,47 ± 1,15 (0-4,34)	0,03 ± 0,1 (0-0,30)

Légende :

Les valeurs indiquées sont des moyennes ± SD (min-max).

Figure 2 : Histogramme représentant le pourcentage de temps passé > 250 et >300 mg.dL⁻¹ à T0 puis T3



Moyennes ± standard deviation des groupes présentiel et distanciel regroupés

D. Effets de l'entraînement sur le sommeil (tableau 4, 5 et 6, figure 3)

Avant l'intervention, le sommeil était moins efficace ($p=0,01$) et plus fragmenté ($p<0,05$), le temps d'éveil après endormissement plus important ($p<0,05$) et le temps de sommeil total plus court ($p=0,44$) dans le groupe présentiel en comparaison du distanciel. Les autres paramètres n'étaient pas différents entre les 2 groupes.

Après l'intervention, aucune amélioration n'a été constatée sur l'ensemble des paramètres du sommeil analysés. En revanche, il est important de mesurer ce sommeil puisque plus le TST est élevé plus les participants passent du temps à des glycémies basses ($< 70 \text{ mg.dL}^{-1}$) ($e = + 0.006 \%$ par minute supplémentaire de TST, $P = 0,048$). Comme le montre la [figure 3](#), cette association entre TST et temps $< 70 \text{ mg.dL}^{-1}$ est visible uniquement à partir du moment où les participants passent du temps en hypoglycémie.

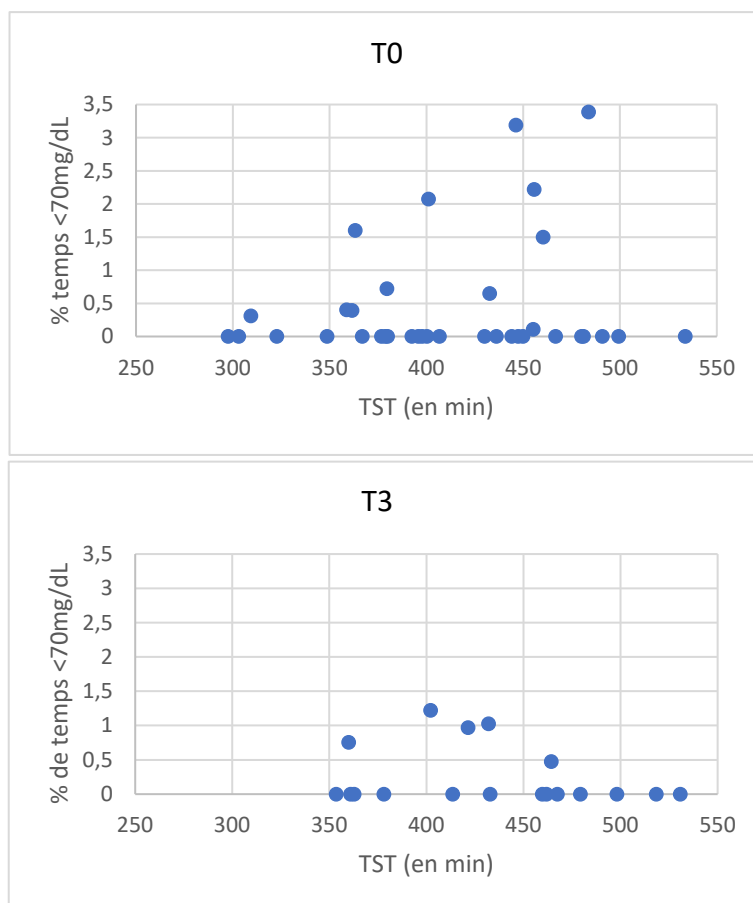
Tableau 4 : Données sur le sommeil avant et après l'entraînement

	T0		T3	
	Présentiel	Distanciel	Présentiel	Distanciel
Accéléromètre				
Latence (mins)	2,84 ± 3,89 (0-17,2)	3,13 ± 3,36 (0-10)	3,0 ± 2,66 (0-8,5)	3,10 ± 2,53 (0,1-7,8)
Efficacité (%)	82,37 ± 7,03 (65,0 -96,6)	87,38 ± 3,48 (80,0-93,5)	84,70 ± 4,67 (74,4-92,8)	86,39 ± 3,01 (81,3-90,8)
Temps total de sommeil (mins)	408,21 ± 55,92 (297,6-490,7)	423,51 ± 63,54 (303-533,6)	425,52 ± 50,17 (353,6-518,4)	421,22 ± 64,29 (334,6-530,8)
Temps d'éveil après l'endormissement (mins)	85,3 ± 35,15 (18-161,5)	57,19 ± 14,79 (29,5-85,16)	73,68 ± 22,25 (34,28-120,66)	64,20 ± 17,18 (35,4-84,5)
Indice de fragmentation du sommeil (%)	35,32 ± 10,27 (19,6-54,6)	26,08 ± 5,39 (18,8-36,6)	28,54 ± 9,68 (13,4-45,8)	25,85 ± 6,93 (11,7-35,2)
Questionnaires				
Score PSQI (points)	4,7 ± 3,1 (0-15)	5,1 ± 3 (1-12)	5,7 ± 4,6 (0-19)	5,2 ± 2,8 (2-10)

Légende :

Les valeurs indiquées sont des moyennes $\pm$ SD (min-max).

Figure 3 : Nuage de points représentant le % de temps passé <70 mg.dL⁻¹ en fonction du TST à T0 à T3.



Les participants proviennent soit du groupe distanciel ou présentiel, seuls ceux avec les 2 valeurs (TST et % de temps passé en hypoglycémie) ont été retenus (i.e. N = 36 participants en T0 et 21 participants en T3).

Tableau 5. Score détaillé du PSQI avant et après entraînement.

	T0		T3	
	Présentiel (N=33)	Distanciel (N=16)	Présentiel (N=25)	Distanciel (N=14)
Pas de troubles du sommeil	N=2 (6%)	N=0	N=1 (4%)	N=0
Troubles du sommeil léger	N=25 (75,7%)	N=12 (75%)	N=18 (72%)	N=11 (78,6%)
Troubles du sommeil modéré	N=5 (15,1%)	N=4 (25%)	N=4 (16%)	N=3 (21,4%)

Troubles du sommeil sévère	N=1 (3%)	N=0	N=2 (8%)	N=0
----------------------------	----------	-----	----------	-----

Légende : N= nombre de participant et entre parenthèses le % de participants.

Un score PSQI de 0 traduisait une absence de troubles du sommeil ; un score compris entre 1 et 7 indiquait des troubles légers ; entre 8 et 14, des troubles modérés ; et entre 15 et 21, des troubles sévères.

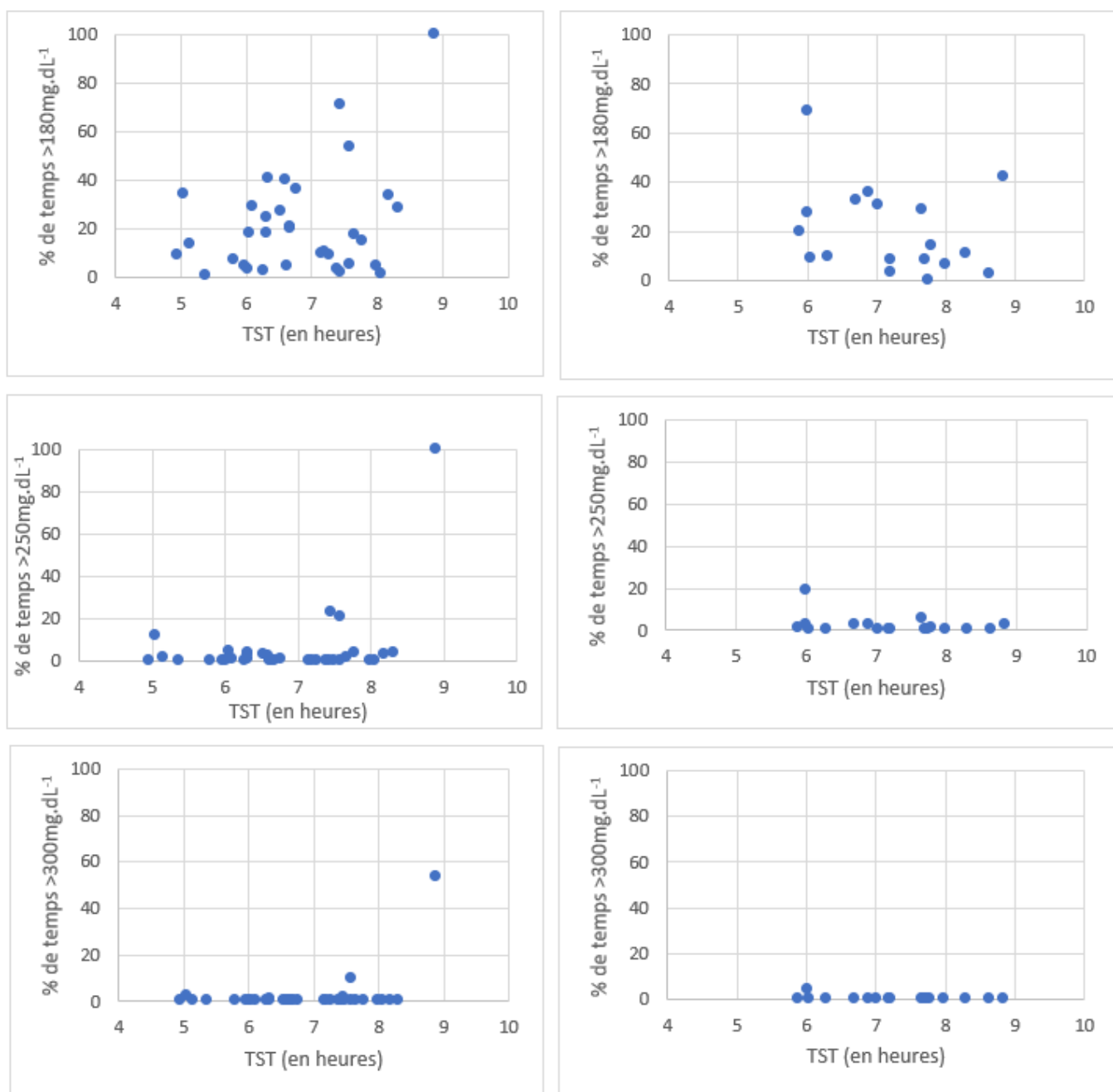
Dans le tableau 6, nous avons également cherché à identifier, à partir des données issues de l'accéléromètre, le nombre de patients présentant un sommeil de mauvaise qualité, selon la définition proposée par Botella (2023) (26). Ainsi, le sommeil était classé comme de mauvaise qualité lorsque au moins deux des trois critères suivants étaient remplis : une efficacité du sommeil < 85 %, un temps d'éveil après l'endormissement (WASO) > 40 minutes ou un nombre de réveils > 4.

Tableau 6. Nombre de patients présentant un sommeil de mauvaise qualité selon Botella avant et après entraînement

	T0		T3	
	Présentiel	Distanciel	Présentiel	Distanciel
Mauvaise qualité de sommeil selon Botella	N=20 (80%)	N=11 (78%)	N=14 (93%)	N=9 (81%)
Nombre total de sujets	N=25	N=14	N=15	N=11

Par ailleurs, l'ADA préconise une durée de sommeil comprise entre 6 et 8 heures. En effet, un sommeil trop court (< 6 h) ou au contraire trop long (> 8 h) est associé à une élévation de l'HbA1c (16). Nous avons cherché à mettre en évidence cette relation en U à partir de nos propres données, bien que nos pourcentages de glycémies correspondent à des moyennes sur 24 heures mesurées sur une semaine (Figure 4).

Figure 4 : Nuages de points représentant les pourcentages de temps passés avec une glycémie $> 180 \text{ mg.dL}^{-1}$, $> 250 \text{ mg.dL}^{-1}$, $> 300 \text{ mg.dL}^{-1}$ en fonction du temps de sommeil total en heures.



E. Effets de l'entraînement sur le niveau d'AP (tableau 7, figure 5)

Avant le programme d'entraînement, il n'existe pas de différence intergroupe concernant le temps sédentaire ou le niveau d'activité physique mesurés par accéléromètre.

De façon surprenante il existe une augmentation du temps sédentaire avec l'entraînement (e =+8,95 mins/semaine avec p =0,005). On constate que le temps LPA augmente plus à l'entraînement chez les personnes les plus âgées (+ 0,424 min/ semaine pour chaque année supplémentaire, p=0,030).

Les hommes se montrent globalement plus sédentaires que les femmes (e =+166,929 mins/semaine avec p <0,001), mais leur temps sédentaire a moins augmenté avec l'entraînement (e =-9,22 mins/semaine avec p =0,040) (figure 5).

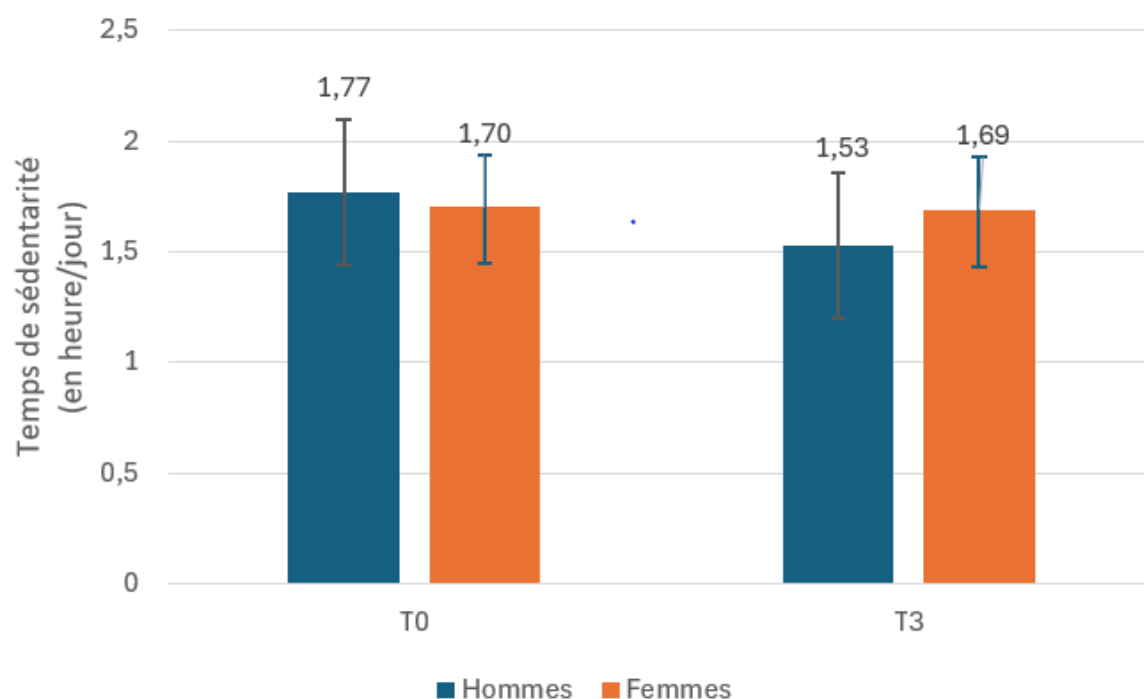
Tableau 7. Niveau d'activité physique habituelle et temps sédentaire mesurés par accélérométrie avant et après l'entraînement

	T0		T3	
	Présentiel	Distanciel	Présentiel	Distanciel
Sédentarité (heure/jour)	1,76 ± 0,29 (1,17-2,38)	1,67 ± 0,28 (0,88-2,01)	1,61 ± 0,26 (1,03-2,03)	1,65 ± 0,27 (1,15-1,99)
LPA (heure/jour)	0,36 ± 0,14 (0,07-0,62)	0,45 ± 0,20 (0,21-0,96)	0,36 ± 0,14 (0,08-0,63)	0,37 ± 0,13 (0,13-0,62)
MVPA (heure/jour)	0,20 ± 0,14 (0,002-0,58)	0,17 ± 0,16 (0,02-0,66)	0,28 ± 0,26 (0,02-1,1)	0,21 ± 0,20 (0,04-0,63)
Nombre de sujets respectant les recos ADA pour MVPA	N=3	N=2	N=5	N=2
Nombre de pas/jour	10846,3 ± 3526,0 (3135,1-17170)	11682,2 ± 3981,1 (5557,1-23122,4)	11439,9 ± 3652,3 (3671,6-20674,7)	10321 ± 1945,7 (7592,1-13304)

Légende :

Les valeurs indiquées sont des moyennes ± SD (min-max).

Figure 5 : Histogramme représentant le temps de sédentarité chez les hommes et les femmes à T0 puis à T3



Moyennes $\pm$ standard déviation des groupes présentiel et distanciel regroupés

F. Effets de l'entraînement sur la composition corporelle (Tableau 8)

Avant l'entraînement, il n'existe pas de différence entre les groupes pour les paramètres de la composition corporelle. L'IMC tend à diminuer avec l'entraînement sans différence intergroupe dans cette évolution.

Tableau 8 : Effets de l'entraînement sur l'IMC avant et après l'entraînement

	T0	T3
IMC (kg/m ²)	32,74 $\pm$ 7,36 (19,39-52,70)	31,73 $\pm$ 5,99 (19,39-48,13)

Légende :

Les valeurs indiquées sont des moyennes $\pm$ SD (min-max).

VI. Discussion

Cette thèse s'est donnée pour objectif d'évaluer l'impact d'un programme structuré d'activité physique de 3 mois, combinant renforcement musculaire et exercice aérobie, sur les excursions glycémiques en conditions de vie réelle chez des personnes atteintes de DT2. Elle visait également à examiner le rôle éventuel de la qualité et de la quantité de sommeil, ainsi qu'à comparer les effets d'un entraînement en présentiel par rapport à un suivi à distance.

A. Effets de l'entraînement sur l'équilibre glycémique

Le programme d'entraînement ne montre pas d'effet direct significatif sur les paramètres glycémiques, à l'exception du pourcentage de temps passé en hyperglycémie au-delà de 250 mg.dL⁻¹ et de 300 mg.dL⁻¹, indépendamment du mode de suivi (présentiel ou distanciel). Cependant, cet effet est atténué chez les participants plus âgés. Dans la littérature scientifique, l'âge constitue un facteur indépendant associé à une baisse progressive de la tolérance au glucose (27). En revanche, peu d'études ont évalué l'effet différentiel de l'entraînement sur l'hyperglycémie selon l'âge chez les patients atteints de diabète de type 2. Une étude menée en 2003 (28) chez 90 adultes en bonne santé âgés de 21 à 87 ans a comparé les effets d'un programme d'entraînement aérobie de 16 semaines à ceux d'un groupe contrôle. En accord avec nos résultats, cette étude a montré après intervention et réalisation d'un test de tolérance au glucose intraveineux, une augmentation de 72 % de l'insulinosensibilité chez les 20–39 ans ($p < 0.001$), de 20% chez les 40-60ans ($p = 0.11$) tandis qu'une diminution de 5 % était observée chez les participants de plus de 60 ans ($p = 0.42$). De même, une sous-analyse d'une méta-analyse de 2025 (29), portant sur 6 essais randomisés incluant des participants

vivant avec un DT2, a révélé qu'un entraînement de plus de 12 semaines réduisait davantage la glycémie à jeun chez les sujets plus jeunes (30–50 ans) par rapport aux sujets plus âgés, suggérant un effet lié à l'âge. En revanche, aucune différence significative n'a été observée concernant l'HbA1c, indépendamment de l'âge.

B. Effets de l'entraînement sur le sommeil

Concernant le sommeil, l'entraînement ne montre pas d'effet direct significatif sur l'ensemble des variables analysées. La comparaison avec d'autres études de la littérature s'est avérée difficile, en raison de l'absence de recherches examinant spécifiquement l'effet d'un entraînement physique sur les paramètres du sommeil mesurés par accéléromètre chez des sujets atteints de DT2. La plupart des études évaluent le sommeil à l'aide de questionnaires subjectifs, tels que le PSQI, tandis que l'usage d'un accéléromètre reste peu fréquent.

Dans cet essai randomisé incluant 35 sujets vivant avec un DT2 (30), la qualité du sommeil a été évaluée à l'aide du score PSQI avant et après 12 semaines d'entraînement aérobique réalisé soit en milieu aquatique soit sur sol ferme, à raison de trois séances hebdomadaires. Les deux modalités d'entraînement ont entraîné une amélioration significative de la qualité du sommeil, avec une réduction du PSQI comprise entre -1,4 et -1,5 dans chaque groupe. Ainsi, l'une des seules études transversales s'intéressant au lien possible entre AP régulière et sommeil s'appuyait sur un report subjectif par les participants de la qualité et quantité de sommeil au travers du questionnaire PSQI, avec le biais possible de surestimation ou sous-estimation. Bien que dans cette étude un lien ait été trouvé entre activité physique régulière et meilleure qualité de sommeil, le sens de la relation de cause à effet n'est pas certain étant donné qu'un meilleur sommeil pourrait aussi permettre aux personnes d'être moins fatiguées pour

s'engager dans l'activité physique. Les analyses futures dans le cadre de notre étude permettront d'évaluer également les effets de l'entraînement sur les résultats au questionnaire PSQI et de repérer d'éventuelles distorsions entre report subjectif et collecte objective de la qualité et quantité de sommeil.

Par ailleurs, dans notre étude, après ajustement dans les modèles mixtes, la durée totale de sommeil apparaît comme un facteur prédictif du temps passé à des glycémies basses <70 mg.dL⁻¹. Plus concrètement, chaque augmentation de 3 heures de sommeil était associée à environ 1 % de temps supplémentaire passé en dessous de 70 mg.dL⁻¹. Cet aspect demeure encore très peu documenté dans la littérature. Une étude interventionnelle de 2015 (31), menée chez 26 sujets atteints de DT2 a montré une tendance à une durée de sommeil totale plus longue lors de la nuit hypoglycémique comparée à la nuit normoglycémique, après contrôle de la glycémie par clamp hyperinsulinémique, sans atteindre toutefois la significativité statistique. En revanche, le nombre d'éveils était significativement réduit entre 4 et 8 heures au cours de la nuit hypoglycémique, et ce malgré des réponses hormonales contre-régulatrices nettement augmentées (adrénaline, hormone de croissance et cortisol). Une seconde étude menée en cross-over en 2017 (32) chez 10 patients atteints de DT1, a comparé sur 3 semaines d'exercices aérobies, de résistance vs contrôle. À partir des données issues du monitoring glycémique en continu (CGM) et d'un accéléromètre, l'exercice aérobique semblait entraîner une diminution du temps total de sommeil chez les participants, possiblement en raison d'une hypoglycémie accrue.

Nous avons également tenté de vérifier l'existence de la relation en U décrite dans la méta-analyse de 2017 précédemment citée (33), menée chez des adultes atteints de DT2, où une

durée de sommeil trop courte (< 5–6 h) ou trop longue (> 8–9 h) était associée à une élévation significative de l'HbA1c. Toutefois, nos analyses graphiques, basées sur les moyennes des pourcentages de temps en hyperglycémie sur 24 heures recueillies sur une semaine, n'ont pas permis de confirmer clairement cette association.

C. Effets de l'entraînement sur le niveau d'AP spontanée

Enfin, en ce qui concerne l'AP spontanée, c'est-à-dire après la fin des trois mois d'entraînement lorsque les participants n'avaient plus de séances programmées, le programme ne semble pas avoir exercé d'effet direct sur les paramètres étudiés, et les modèles mixtes n'ont mis en évidence aucune association significative.

Les hommes apparaissent globalement plus sédentaires que les femmes, bien que leur temps passé en sédentarité ait moins augmenté avec l'entraînement. Aucune étude de la littérature n'a rapporté de résultats comparables dans une population vivant avec un DT2 dans des conditions similaires aux nôtres. On peut toutefois citer une méta-analyse de 2022 (34) qui a examiné les différences liées au sexe en matière d'AP chez des sujets atteints de DT2. Dans cette étude, la sédentarité a été évaluée de manière subjective (questionnaires) ou objective (accéléromètre ou podomètre), et aucun écart significatif entre hommes et femmes n'a été observé sur le temps passé en sédentarité (0,06 [–0,30 ; 0,42], $P = 0,751$). Cependant, cette méta-analyse n'incluait aucune étude portant sur l'effet d'un entraînement structuré.

D. Forces et limites

Dans notre étude, les participants ont porté leur CGM et leur accéléromètre en mode aveugle, permettant ainsi de contrôler un éventuel biais lié à l'accès en temps réel aux données sur l'adhésion à l'AP et les paramètres glycémiques. En effet, une méta-analyse publiée en 2023 a démontré qu'un port d'accéléromètre pouvait avoir un effet bénéfique sur l'HbA1c et le nombre de pas quotidiens chez les personnes atteintes de DT2, comparativement à un groupe témoin (35). Dans la même idée, une étude de 2024 menée chez des sujets atteints de DT2 non insulinotraités a montré que l'utilisation du CGM en mode ouvert était associée à une réduction significativement plus importante de l'HbA1c à 3 mois par rapport à des participants témoins appariés, ainsi qu'à des améliorations du temps passé dans la cible glycémique, du temps $> 180 \text{ mg.dL}^{-1}$, du temps $> 250 \text{ mg.dL}^{-1}$ et de la glycémie moyenne (36).

Dans nos analyses, les valeurs de latence d'endormissement apparaissent particulièrement basses. Or, cette mesure repose sur l'heure de coucher déclarée par le patient dans l'agenda du sommeil. Ainsi, toute imprécision dans cette donnée entraîne une sous-estimation artificielle de la latence, surtout lorsque l'éveil calme est interprété comme du sommeil. De manière similaire, l'efficacité du sommeil calculée par accélérométrie dépend du temps total passé au lit déclaré par le patient. Toute erreur dans cette déclaration fausse le dénominateur du calcul (TST/TIB), ce qui limite la fiabilité de l'indicateur.

Initialement, nous avions prévu, en plus des groupes distanciel et présentiel, de constituer un groupe contrôle ne suivant pas le programme d'entraînement. Ce groupe aurait pu permettre de mettre en évidence certains bénéfices de l'intervention sur des paramètres susceptibles de

se détériorer en trois mois en l'absence d'entraînement. Nous avons ainsi tenté de recruter des patients pour constituer ce groupe contrôle, en parallèle de l'étude randomisée distanciel vs présentiel. Toutefois, il s'est avéré très difficile de motiver des patients à participer aux évaluations sans bénéficier du programme d'entraînement.

De plus, plus de la moitié des sujets initialement inclus n'ont pas été pris en compte à T3, en raison d'abandons ou d'un taux de participation inférieur à 33 %, ce qui expose à un risque élevé de biais d'attrition susceptible de compromettre la validité interne et externe de l'étude. Par ailleurs, certaines caractéristiques mesurées à l'inclusion (T0) différaient significativement entre les groupes présentiel et distanciel, notamment l'IMC, le pourcentage de temps passé dans la plage glycémique 70–140 mg.dL⁻¹, l'efficacité du sommeil, le temps d'éveil après l'endormissement ainsi que le taux de participation. Ces déséquilibres remettent en cause la comparabilité initiale des deux groupes et, par conséquent, la validité interne de l'étude.

VII. Conclusion

Plusieurs points ressortent de nos résultats. Tout d'abord, le programme d'entraînement a diminué le pourcentage de temps passé en hyperglycémie >250 mg.dL⁻¹ et de 300 mg.dL⁻¹, bien que cet effet soit moins prononcé chez les participants les plus âgés, ce qui semble cohérent avec les données rapportées dans la littérature. Nous n'avons observé aucun effet significatif de l'entraînement sur la quantité de sommeil ni sur l'activité physique. En revanche, le temps total de sommeil s'est révélé prédictif du temps passé en hypoglycémie, observation pour laquelle il existe peu de données dans la littérature mais qui semblent concordantes. De

manière inattendue, un effet du sexe a été constaté sur le temps passé en sédentarité après intervention, ce dernier augmentant chez les hommes par rapport aux femmes.

Cette étude se distingue par son caractère novateur, compte tenu du peu de données disponibles dans la littérature. Elle ouvre la voie à une prise en charge du diabète au travers d'un triple prisme : l'entraînement physique, l'évaluation du sommeil et leur influence conjointe sur l'ensemble des excursions glycémiques, au-delà de la seule mesure de l'HbA1c. L'étude fine des excursions et de la variabilité glycémiques apparaît ainsi comme une perspective incontournable en diabétologie.

VIII. Perspectives

Cette étude s'est principalement focalisée sur les excursions glycémiques en continu sur 24 heures pendant 7 jours. À terme, une analyse plus détaillée sera menée sur des périodes clés telles que les glycémies à jeun/ postprandiales, semaines/ week-end et diurnes/nocturnes. L'examen de la glycémie à jeun contribuera notamment à une meilleure compréhension du phénomène de l'aube, tandis que l'analyse des excursions nocturnes permettra d'explorer leurs liens avec la qualité et la quantité de sommeil.

Nous prévoyons également de réaliser des analyses complémentaires sur le sommeil en intégrant le score PSQI dans nos futurs modèles mixtes. Le PSQI renseigne sur le ressenti des patients vis-à-vis de la qualité de leur sommeil sur le mois passé et constitue donc une mesure subjective ; contrairement à l'accéléromètre qui fournit des paramètres objectifs du sommeil quantitatif à partir des mouvements du poignet. Une étude menée en 2015 (37) auprès de 80

participants âgés, non spécifiquement diabétiques, a d'ailleurs montré que le sommeil perçu via le PSQI différait largement du sommeil mesuré objectivement indépendamment de l'âge, du sexe, du niveau d'éducation ou du statut cognitif. Ces résultats soulignent l'importance de combiner des mesures subjectives et objectives pour obtenir une vision globale de la qualité du sommeil des participants et ainsi déterminer dans quelle mesure leur perception concorde avec les mesures objectives.

Parmi les 97 participants initialement inclus dans l'étude, seuls 42 ont finalement réalisé les évaluations aux temps T0 et T3. A l'avenir, nous examinerons si les participants perdus de vue ou avec un faible taux d'adhésion présentaient des caractéristiques spécifiques, telles qu'un âge plus avancé, un IMC plus élevé ou une HbA1c plus importante. Un essai randomisé contrôlé publié en 2012 (38), mené chez 140 patients atteints de DT2 non compliqué et non insulino-requérant, a examiné les déterminants de l'abandon d'un programme combinant renforcement musculaire et exercice aérobic supervisé (3 séances par semaine pendant 6 mois). Les résultats indiquent un taux d'abandon plus élevé dans le groupe exercice que dans le groupe non entraîné. L'abandon était associé à une faible auto-efficacité perçue pour l'exercice, une condition physique réduite (VO_2 pic), une résistance à l'insuline accrue ainsi qu'à un excès de masse grasse totale et abdominale sous-cutanée. Dans les analyses multivariées, l'appartenance au groupe exercice, la résistance à l'insuline et la condition physique se confirmaient comme des prédicteurs indépendants de l'abandon.

Nous avons également envisagé de diversifier les formes d'entraînement. Jusqu'à présent, les séances proposées reposaient uniquement sur l'exercice aérobic ou le renforcement musculaire. Afin de motiver davantage les patients en offrant une diversité d'exercice plus

importante, nous avons notamment songé à l'entraînement intermittent à haute intensité (HIIT) qui présente l'avantage d'être plus économe en temps. Au-delà de cet aspect pratique, le HIIT pourrait aussi avoir des effets métaboliques intéressants, notamment sur l'hyperglycémie postprandiale. Une étude menée chez 7 adultes atteints de DT2 (39) a montré, grâce à la mesure continue du glucose, qu'une séance de HIIT (10 × 60 secondes de vélo à 90 % de la fréquence cardiaque maximale, entrecoupés de 60 s de repos) réduisait significativement le pourcentage de temps passé au-dessus de 180 mg.dL⁻¹ ainsi que l'hyperglycémie postprandiale par rapport à une journée témoin sans exercice.

Enfin, 9 participants de notre étude présentaient un SAOS, mais un seul bénéficiait d'un appareillage. Or, ce facteur peut influencer le contrôle glycémique, comme l'a montré une méta-analyse publiée en 2023 portant sur l'effet du traitement par pression positive continue (CPAP) chez les patients atteints à la fois de DT2 et de SAOS (40). Ce travail a mis en évidence une réduction significative de l'HbA1c de 0,24 % sous CPAP par rapport aux groupes témoins, avec un effet d'autant plus marqué que la durée d'utilisation nocturne était élevée. Ainsi, la présence d'un SAOS non traité pourrait favoriser un déséquilibre glycémique. Il serait donc pertinent, dans de futures analyses, d'examiner plus précisément l'impact d'un appareillage adapté et de l'observance au traitement du SAOS afin de limiter au mieux les facteurs confondants.

IX. Bibliographie

1. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C. Physical Activity/Exercise and Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 1 oct 2004;27(10):2518-39.
2. Raguso CA, Spada A, Jornayvaz FR, Philippe J. L'activité physique dans la prévention et le contrôle du diabète. *Rev Med Suisse*. 6 juin 2007;114:1442-8.
3. Way KL, Hackett DA, Baker MK, Johnson NA. The Effect of Regular Exercise on Insulin Sensitivity in Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diabetes Metab J*. août 2016;40(4):253-71.
4. Sampath Kumar A, Maiya AG, Shastry BA, Vaishali K, Ravishankar N, Hazari A, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*. mars 2019;62(2):98-103.
5. Church TS, Blair SN, Cocroham S, Johannsen N, Johnson W, Kramer K, et al. Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *JAMA*. 24 nov 2010;304(20):2253-62.
6. Umpierre D, Ribeiro PAB, Kramer CK, Leitão CB, Zucatti ATN, Azevedo MJ, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 4 mai 2011;305(17):1790-9.
7. Geraedts H, Zijlstra A, Bulstra SK, Stevens M, Zijlstra W. Effects of remote feedback in home-based physical activity interventions for older adults: a systematic review. *Patient Educ Couns*. avr 2013;91(1):14-24.
8. Martins Vancea DM, Madureira Sabino TB, Nicolas Dos Santos Ribeiro J, de Araujo Pereira S, Martins Vancea TD, Pimentel de Amorim Nascimento PH, et al. Is a 12-week home-based functional teletraining for individuals with type 2 diabetes an alternative for blood glucose control? *J Bodyw Mov Ther*. oct 2024;40:835-41.
9. Bärge M, Idiart-Borda Polotto V, Geiger S, Held S, Brinkmann C. Effects of home- and gym-based resistance training on glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus-a systematic review and meta-analysis. *Diabetol Metab Syndr*. 18 juin 2025;17(1):228.
10. Zinman B, Marso SP, Poulter NR, Emerson SS, Pieber TR, Pratley RE, et al. Day-to-day fasting glycaemic variability in DEVOTE: associations with severe hypoglycaemia and cardiovascular outcomes (DEVOTE 2). *Diabetologia*. janv 2018;61(1):48-57.
11. Gerbaud E, Darier R, Montaudon M, Beauvieux MC, Coffin-Boutreux C, Coste P, et al. Glycemic Variability Is a Powerful Independent Predictive Factor of Midterm Major Adverse Cardiac Events in Patients With Diabetes With Acute Coronary Syndrome. *Diabetes Care*. avr 2019;42(4):674-81.

12. Winding KM, Munch GW, Iepsen UW, Van Hall G, Pedersen BK, Mortensen SP. The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab*. mai 2018;20(5):1131-9.
13. Ogilvie RP, Patel SR. The Epidemiology of Sleep and Diabetes. *Curr Diab Rep*. 17 août 2018;18(10):82.
14. Schipper SBJ, Van Veen MM, Elders PJM, van Straten A, Van Der Werf YD, Knutson KL, et al. Sleep disorders in people with type 2 diabetes and associated health outcomes: a review of the literature. *Diabetologia*. nov 2021;64(11):2367-77.
15. Barakat S, Abujbara M, Banimustafa R, Batieha A, Ajlouni K. Sleep Quality in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *J Clin Med Res*. avr 2019;11(4):261-6.
16. Lee SWH, Ng KY, Chin WK. The impact of sleep amount and sleep quality on glycemic control in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev*. févr 2017;31:91-101.
17. Barone MTU, Menna-Barreto L. Diabetes and sleep: a complex cause-and-effect relationship. *Diabetes Res Clin Pract*. févr 2011;91(2):129-37.
18. Xie Y, Liu S, Chen XJ, Yu HH, Yang Y, Wang W. Effects of Exercise on Sleep Quality and Insomnia in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Front Psychiatry*. 2021;12:664499.
19. Zhang H, Zhang Y, Sheng S, Xing Y, Mou Z, Zhang Y, et al. Relationship Between Physical Exercise and Cognitive Impairment Among Older Adults with Type 2 Diabetes: Chain Mediating Roles of Sleep Quality and Depression. *Psychol Res Behav Manag*. 2023;16:817-28.
20. Gauthier P, Desir C, Plombas M, Joffray E, Benhamou PY, Borel AL. Impact of sleep and physical activity habits on real-life glycaemic variability in patients with type 2 diabetes. *J Sleep Res*. juin 2023;32(3):e13799.
21. Kennerly AM, Kirk A. Physical activity and sedentary behaviour of adults with type 2 diabetes: a systematic review. *Practical Diabetes*. 2018;35(3):86-89g.
22. Loprinzi PD. Accelerometer-determined sedentary and physical activity estimates among older adults with diabetes: considerations by demographic and comorbidity characteristics. *J Aging Phys Act*. juill 2014;22(3):432-40.
23. Cichosz SL, Fleischer J, Hoeyem P, Laugesen E, Poulsen PL, Christiansen JS, et al. Objective measurements of activity patterns in people with newly diagnosed Type 2 diabetes demonstrate a sedentary lifestyle. *Diabet Med*. sept 2013;30(9):1063-6.
24. Onufrak S, Saelee R, Zaganjor I, Miyamoto Y, Koyama AK, Xu F, et al. Physical Activity According to Diabetes and Metropolitan Status, U.S., 2020 and 2022. *Am J Prev Med*. juin 2024;66(6):1008-16.

25. Battelino T, Alexander CM, Amiel SA, Arreaza-Rubin G, Beck RW, Bergenstal RM, et al. Continuous glucose monitoring and metrics for clinical trials: an international consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol.* janv 2023;11(1):42-57.
26. Botella-Serrano M, Velasco JM, Sánchez-Sánchez A, Garnica O, Hidalgo JI. Evaluating the influence of sleep quality and quantity on glycemic control in adults with type 1 diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14:998881.
27. Shimokata H, Muller DC, Fleg JL, Sorkin J, Ziemba AW, Andres R. Age as independent determinant of glucose tolerance. *Diabetes.* janv 1991;40(1):44-51.
28. Short KR, Vittone JL, Bigelow ML, Proctor DN, Rizza RA, Coenen-Schimke JM, et al. Impact of aerobic exercise training on age-related changes in insulin sensitivity and muscle oxidative capacity. *Diabetes.* août 2003;52(8):1888-96.
29. Ma JC, Shu S, Chen TX, Bai HJ, Yang Y, Ding XW. Intervention effect of combined resistance and aerobic exercise on type 2 diabetes: A meta-analysis. *World J Diabetes.* 15 juill 2025;16(7):108121.
30. S Delevatti R, Schuch FB, Kanitz AC, Alberton CL, Marson EC, Lisboa SC, et al. Quality of life and sleep quality are similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. *J Sci Med Sport.* mai 2018;21(5):483-8.
31. The Impact of Nocturnal Hypoglycemia on Sleep in Subjects With Type 2 Diabetes. - Search Results - PubMed [Internet]. [cité 21 sept 2025]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov.proxy.insermbiblio.inist.fr/?term=The+Impact+of+Nocturnal+Hypoglycemia+on+Sleep+in+Subjects+With+Type+2+Diabetes>.
32. Reddy R, El Youssef J, Winters-Stone K, Branigan D, Leitschuh J, Castle J, et al. The effect of exercise on sleep in adults with type 1 diabetes. *Diabetes Obes Metab.* févr 2018;20(2):443-7.
33. Lee SWH, Ng KY, Chin WK. The impact of sleep amount and sleep quality on glycemic control in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev.* févr 2017;31:91-101.
34. Whipple MO, Pinto AJ, Abushamat LA, Bergouignan A, Chapman K, Huebschmann AG, et al. Sex Differences in Physical Activity Among Individuals With Type 2 Diabetes Across the Life Span: A Systematic Review and Meta-analysis. *Diabetes Care.* 1 sept 2022;45(9):2163-77.
35. de Oliveira VLP, de Paula TP, Viana LV. Pedometer- and accelerometer- based physical activity interventions in Type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* mars 2024;34(3):548-58.

36. Shields S, Thomas R, Durham J, Moran J, Clary J, Ciemins EL. Continuous glucose monitoring among adults with type 2 diabetes receiving noninsulin or basal insulin therapy in primary care. *Sci Rep.* 30 déc 2024;14(1):31990.
37. Landry GJ, Best JR, Liu-Ambrose T. Measuring sleep quality in older adults: a comparison using subjective and objective methods. *Front Aging Neurosci.* 2015;7:166.
38. Nam S, Dobrosielski DA, Stewart KJ. Predictors of exercise intervention dropout in sedentary individuals with type 2 diabetes. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2012;32(6):370-8.
39. Gillen JB, Little JP, Punthakee Z, Tarnopolsky MA, Riddell MC, Gibala MJ. Acute high-intensity interval exercise reduces the postprandial glucose response and prevalence of hyperglycaemia in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab.* juin 2012;14(6):575-7.
40. Herth J, Sievi NA, Schmidt F, Kohler M. Effects of continuous positive airway pressure therapy on glucose metabolism in patients with obstructive sleep apnoea and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir Rev.* 30 sept 2023;32(169):230083.

X. Annexes

CENTRE DU SOMMEIL ET DE LA VIGILANCE HÔTEL-DIEU, PARIS

Calcul du score global au PSQI

Le **PSQI** comprend **19 questions d'auto-évaluation** et **5 questions posées au conjoint ou compagnon de chambre** (s'il en est un). Seules les questions d'auto-évaluation sont incluses dans le score.

Les 19 questions d'auto-évaluation se combinent pour donner **7 "composantes" du score global**, chaque composante recevant un score de 0 à 3.

Dans tous les cas, un score de 0 indique qu'il n'y a aucune difficulté tandis qu'un score de 3 indique l'existence de difficultés sévères. Les 7 composantes du score s'additionnent pour donner un score global allant de **0 à 21 points**, 0 voulant dire qu'il n'y a **aucune difficulté**, et **21** indiquant au contraire des **difficultés majeures**.

Composante 1 : Qualité subjective du sommeil

➤ Examinez la **question 6**, et attribuez un score :

Très bonne = **0** Assez bonne = **1** Assez mauvaise = **2** Très mauvaise = **3**

Score de la composante 1 = ...

Composante 2 : Latence du sommeil

➤ Examinez la **question 2**, et attribuez un score :

≤15 mn = **0** 16-30 mn = **1** 31-60 mn = **2** >60 mn = **3**

Score de la question 2 = ...

➤ Examinez la **question 5a**, et attribuez un score :

Pas au cours du dernier mois = **0** Moins d'une fois par semaine = **1** Une ou deux fois par semaine = **2** Trois ou quatre fois par semaine = **3**

Score de la question 5a = ...

➤ Additionnez les scores des questions 2 et 5a, et attribuez le score de la composante 2 :

Somme de 0 = **0** Somme de 1-2 = **1** Somme de 3-4 = **2** Somme de 5-6 = **3**

Score de la composante 2 = ...

Composante 3 : Durée du sommeil

➤ Examinez la **question 4**, et attribuez un score :

>7 h = **0** 6-7 h = **1** 5-6 h = **2** <5 h = **3**

Score de la composante 3 = ...

Composante 4 : Efficacité habituelle du sommeil

- Indiquez le nombre d'heures de sommeil (**question 4**) :
- Calculez le nombre d'heures passées au lit :
Heure du lever (**question 3**) :
Heure du coucher (**question 1**) :
Nombre d'heures passées au lit :
- Calculez l'efficacité du sommeil : (Nb heures sommeil/Nb heures au lit)×100 = Efficacité habituelle (en %) ⇒ (...../.....)×100 = ... %
- Attribuez le score de la composante 4 :
>85% = 0 75-84% = 1 65-74% = 2 <65% = 3
Score de la composante 4 = ...

Composante 5 : Troubles du sommeil

- Examinez les **questions 5b à 5j**, et attribuez des scores à chaque question :
Pas au cours Moins d'une fois Une ou deux fois Trois ou quatre fois
du dernier mois = 0 par semaine = 1 par semaine = 2 par semaine = 3
- Score de la question 5b = ... 5c = ... 5d = ... 5e = ... 5f = ...
5g = ... 5h = ... 5i = ... 5j = ...**
- Additionnez les scores des questions 5b à 5j, et attribuez le score de la composante 5 :
Somme de 0 = 0 Somme de 1-9 = 1 Somme de 10-18 = 2 Somme de 19-27 = 3
Score de la composante 5 = ...

Composante 6 : Utilisation d'un médicament du sommeil

- Examinez la **question 7**, et attribuez un score :
Pas au cours Moins d'une fois Une ou deux fois Trois ou quatre fois
du dernier mois = 0 par semaine = 1 par semaine = 2 par semaine = 3
Score de la composante 6 = ...

Composante 7 : Mauvaise forme durant la journée

- Examinez la **question 8**, et attribuez un score :
Pas au cours Moins d'une fois Une ou deux fois Trois ou quatre fois

du dernier mois = **0** par semaine = **1** par semaine = **2** par
semaine = **3**

Score de la question 8 = ...

➤ Examinez la **question 9**, et attribuez un score :

Pas du tout Seulement un Un certain Un très gros
un problème = **0** tout petit problème = **1** problème = **2** problème = **3**

Score de la question 9 = ...

➤ Additionnez les scores des questions 8 et 9, et attribuez le score de la composante 7 :

Somme de 0 = **0** Somme de 1-2 = **1** Somme de 3-4 = **2** Somme de 5-6 = **3**

Score de la composante 7 = ...

Score global au PSQI

➤ Additionnez les scores des 7 composantes :

AUTEUR(E) : Nom : RIOU Prénom : Delphine Date de soutenance : Mardi 7 octobre 2025 Titre de la thèse : Effets d'un programme d'entraînement structuré d'une durée de trois mois en présentiel versus en distanciel sur les excursions et la variabilité glycémiques ainsi que l'activité physique avec le rôle modulateur du sommeil chez les adultes vivant avec un diabète de type 2. Thèse - Médecine - Lille 2025 Cadre de classement : Endocrinologie-diabétologie-nutrition DES + FST/option : Endocrinologie-diabétologie-nutrition, andrologie Mots-clés : diabète de type 2, excursions glycémiques, variabilité glycémique, sommeil, entraînement structuré
Objectifs : Le diabète de type 2 est une maladie métabolique chronique à prévalence élevée en France et dans le monde, représentant un véritable défi de santé publique. Il se caractérise par une résistance à l'insuline, un déficit de la fonction des cellules bêta pancréatiques ainsi que des perturbations du métabolisme glucidique et lipidique pouvant provoquer de multiples complications, diminuer la qualité de vie et accroître le risque de handicap et de mortalité. Cette thèse avait pour objectif d'évaluer en conditions de vie réelle chez des adultes atteints de DT2 randomisés selon une modalité présentielle vs distancielle, les effets d'un programme d'entraînement d'exercice aérobic et de renforcement musculaire de trois mois sur les excursions et la variabilité glycémiques en tenant compte du rôle modulateur du sommeil. Patients et méthodes : L'ensemble des données a été recueilli de manière prospective sur 4 ans auprès d'environ 42 participants répartis en 11 cohortes successives, à l'aide d'un capteur de glucose continu, d'un accéléromètre, d'un semainier d'horaire de repas et thérapeutique anti-diabétique et de questionnaires subjectifs tel que le PSQI. Résultats : Les résultats montrent que le programme d'entraînement a diminué le pourcentage de temps passé en hyperglycémie $>250 \text{ mg.dL}^{-1}$ et de 300 mg.dL^{-1} , bien que cet effet soit moins prononcé chez les participants les plus âgés, ce qui semble cohérent avec les données rapportées dans la littérature. Nous n'avons observé aucun effet significatif de l'entraînement sur la quantité de sommeil ni sur l'activité physique. En revanche, le temps total de sommeil s'est révélé prédictif du temps passé en hypoglycémie, observation pour laquelle il existe peu de données comparatives dans la littérature mais concordantes. De manière inattendue, un effet de sexe a été constaté sur le temps passé en sédentarité après intervention, ce dernier augmentant chez les hommes par rapport aux femmes. Conclusion : Cette étude se distingue par son caractère novateur, compte tenu du peu de données disponibles dans la littérature. Elle ouvre la voie à une prise en charge du diabète au travers d'un triple prisme : l'entraînement physique, l'évaluation du sommeil et leur influence conjointe sur l'ensemble des excursions glycémiques, au-delà de la seule mesure de l'HbA1c. L'étude fine des excursions et de la variabilité glycémiques apparaît ainsi comme une perspective incontournable en diabétologie.
Composition du Jury : Présidente : Madame la Professeure Anne VAMBERGUE Directrices de thèse : Madame la Professeure Elsa HEYMAN, Madame la Docteure Elodie LESPAGNOL Asseseurs : Madame la Docteure Isabelle POIROT, Monsieur le Professeur Rémy HURDIEL Membre invité : Monsieur le Docteur Rémi RABASA-LHORET