



ROYAUME DU MAROC  
UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE  
FES



Année 2016

Thèse N° 258/16

# ACTIVITÉ PHYSIQUE ET DIABÈTE DE TYPE 2 (Étude prospective à propos de 180 cas)

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 19/12/2016

PAR

Mme. BEN SOUDA MERYEM

Née le 16/11/1989 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Activité physique - Equilibre glycémique - Diabète de type 2

JURY

|                                                                |                         |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Mme. AJDI FARIDA.....                                          | PRESIDENT ET RAPPORTEUR |
| Professeur d'Endocrinologie et maladies métaboliques           |                         |
| M. ELIBRAHIMI ABDELHALIM.....                                  | JUGES                   |
| Professeur agrégé de Traumatologie-orthopédie                  |                         |
| M. SOUIRTI ZOUHAYR.....                                        |                         |
| Professeur agrégé de Neurologie                                |                         |
| M. BERRAHO MOHAMED.....                                        | MEMBRE ASSOCIE          |
| Professeur agrégé d'Epidémiologie clinique                     |                         |
| Mme. EL OUAHABI HANAN.....                                     |                         |
| Professeur assistant d'Endocrinologie et maladies métaboliques |                         |

# SOMMAIRE

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| LISTE DES TABLEAUX .....                              | 5  |
| LISTE DES FIGURES .....                               | 7  |
| INTRODUCTION .....                                    | 10 |
| MATERIELET METHODE.....                               | 15 |
| 1-Cadre durée et population de l'étude :.....         | 16 |
| 2-Modalités du recueil des données :.....             | 16 |
| a-Variables étudiées : .....                          | 17 |
| 3-Traitement des données :.....                       | 17 |
| RESULTATS.....                                        | 18 |
| I – Epidémiologie :.....                              | 19 |
| 1- Nombre de patients recrutés : .....                | 19 |
| 2 – Répartition selon l'âge : .....                   | 19 |
| 3 – Répartition selon le sexe : .....                 | 20 |
| 4 – Répartition selon le niveau d'instruction : ..... | 20 |
| 5- Profil socio-économique : .....                    | 21 |
| 6– Répartition selon le milieu de vie .....           | 21 |
| II – Données cliniques :.....                         | 22 |
| 1- Ancienneté du diabète:.....                        | 22 |
| 2- Circonstance de découverte : .....                 | 23 |
| 3- Facteurs de risque cardio-vasculaires:.....        | 24 |
| 4- Le traitement : .....                              | 25 |
| 5- Les complications dégénératives : .....            | 26 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6- Complications au cours de période de suivie :.....                                 | 28 |
| 7- Equilibre glycémique :.....                                                        | 29 |
| III – activité physique .....                                                         | 30 |
| 1-évaluation de l'activité physique avec le score GPAQ [7].....                       | 30 |
| 3-Evaluation des patients et identification des barrières :.....                      | 39 |
| 4-Evaluation de la motivation :.....                                                  | 41 |
| 5 –Prescription adaptée de l'activité physique : .....                                | 42 |
| 6-Effets de l'activité physique prescrite sur l'équilibre glycémique et le poids : .. | 44 |
| DISCUSSION.....                                                                       | 47 |
| I-Rappels : activité physique.....                                                    | 48 |
| 1. Définition :.....                                                                  | 48 |
| 2. Caractéristiques de l'activité physique.....                                       | 50 |
| 3. Mesure de l'activité physique .....                                                | 55 |
| II- Diabète de type 2 et activité physique.....                                       | 69 |
| 1. Etat des lieux des connaissances, bases physiologiques.....                        | 69 |
| 2. Effets d'une session d'activité physique sur l'homéostasie glucidique.....         | 70 |
| 3. Effets de l'entraînement sur le métabolisme glucidique .....                       | 72 |
| 4.Effets de l'activité physique sur la prévention du diabète de type 2 .....          | 73 |
| 5. Effets sur la santé.....                                                           | 75 |
| 6. Les risques de l'activité physique sur la glycémie chez les patients DT2 : .....   | 81 |
| 7. Activité physique et insuline : .....                                              | 89 |
| 8. Interactions médicaments et activité physique : .....                              | 92 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| a .Sulfamides hypoglycémiants (SH) :.....                                                                         | 92  |
| b .Les glinides : .....                                                                                           | 92  |
| 9. Effets d'une activité physique régulière sur le contrôle glycémique des patients diabétiques de type 2 : ..... | 93  |
| 10. Recommandations en activité physique chez les patients diabétiques de type 2                                  | 295 |
| 11. Prescription de l'activité physique en pratique :.....                                                        | 100 |
| III -Analyse de l'étude.....                                                                                      | 115 |
| 1-Limites et difficultés de l'étude : .....                                                                       | 115 |
| 2- Données épidémiologiques : .....                                                                               | 115 |
| 3-Données cliniques :.....                                                                                        | 117 |
| 6- Activité physique.....                                                                                         | 119 |
| RESUMES .....                                                                                                     | 129 |
| résumé .....                                                                                                      | 130 |
| ANNEXES .....                                                                                                     | 134 |
| BIBLIOGRAPHIE .....                                                                                               | 147 |

## LISTE DES TABLEAUX

|              |                                                                                                                                                      |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tableau I    | :Classification de niveau d'activité physique selon la questionnaire GPAQ.                                                                           |
| Tableau II   | :Évaluation du degré de motivation : stades de changement d'après Prochaska et Diclemente adaptés à l'activité physique.                             |
| Tableau III  | :Quelques équivalences(MET) pour des activités de loisirs courantes.                                                                                 |
| Tableau IV   | :Méthodes de mesure de l'activité physique et de la dépense énergétique.                                                                             |
| Tableau V    | :Description des questionnaires de mesure de l'activité physique disponibles en langue française, en France.                                         |
| Tableau VI   | :Equivalence éducative entre le nombre de pas par jour et la durée(en minutes) des activités.                                                        |
| Tableau VII  | :Les atouts et limites de la fréquence cardiaque pour la mesure de la dépense énergétique.                                                           |
| Tableau VIII | :Principales caractéristiques des études de prévention du diabète de type 2 par l'activité physique.                                                 |
| Tableau IX   | : Durée de l'exercice et diminution recommandée de la dose d'insuline.                                                                               |
| Tableau X    | :Activité physique (AP) dans le diabète de type 2, d'après les recommandations de (SFD)                                                              |
| Tableau XI   | :Conseils simples pour limiter le comportement sédentaire et encourager une activité physique minimale dans la vie quotidienne d'après la SFN, 2005. |
| Tableau XII  | :Evolution de niveau d'activité physique de la population étudiée après prescription d'activité physique.                                            |
| Tableau XII  | :Relation entre l'âge et le niveau d'activité physique                                                                                               |
| Tableau XIV  | :Relation entre niveau d'activité physique et sexe                                                                                                   |
| Tableau XV   | : <i>Relation entre le niveau d'activité physique initiale et l' HBA1c</i>                                                                           |

Tableau XVI : *Evaluation de l'effet de l'activité physique initial sur l'IMC des malades*

Tableau XVII : Comparaison entre l'équilibre glycémique initial et 3mois après prescription de l'activité physique

Tableau XVIII : Les données de la littérature concernant les études évaluant l'impact de l'activité physique sur l'équilibre glycémique

## LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Répartition de l'échantillon selon l'âge.
- Figure 2 : Répartition de la population étudiée selon le sexe.
- Figure 3 : Répartition de la population étudiée selon le niveau d'instruction.
- Figure 4 : Répartition de la population étudiée selon le niveau socioéconomique.
- Figure 5 : Répartition de l'échantillon selon le milieu de vie.
- Figure 6 : Répartition de l'échantillon selon l'ancienneté de diabète.
- Figure 7 : Répartition de la population étudiée selon le mode de découverte du diabète
- Figure 8 : Répartition de la population étudiée selon l'IMC.
- Figure 9 : Profil des facteurs de risque associés au diabète dans la population d'étude.
- Figure 10 : Répartition de la population étudiée selon le traitement.
- Figure 11 : Répartition de la population étudiée selon l'atteinte oculaire.
- Figure 12 : Répartition de La population étudiée selon l'atteinte oculaire.
- Figure 13 : Equilibre glycémique initial chez la population étudiée.
- Figure 14 : Répartition de la population étudiée selon l'activité physique au travail.
- Figure 15 : Répartition de la population étudiée selon l'activité physique liée au déplacement.
- Figure 16 : Répartition de la population étudiée selon l'activité physique de loisirs.
- Figure 17 : Répartition des malades selon le niveau d'activité physique.
- Figure 18 : Barrières de pratique de l'activité physique chez la population étudiée.
- Figure 19 : Répartition de la population étudiée selon le niveau de motivation .
- Figure 20 : Répartition des malades selon le niveau d'activité physique après 3 mois.
- Figure 21 : Comparaison de niveau d'activité physique initiale et après 3 mois.



Figure 22 : Equilibre glycémique après 3mois chez la population étudiée.

Figure 23 : Comparaison entre équilibre glycémique initial et après 3mois chez la population étudiée.

Figure 24 : Durée de l'exercice et concentration plasmatique d'insuline. Effet d'un exercice de 250 minutes après une période de repos.

Figure 25 : Mécanisme d'action schématique du transport musculaire de glucose pendant l'activité physique.

Figure 26 : Effet de l'exercice physique sur l'équilibre glycémique (données de la littérature).

Figure 27 : Évolution du taux d'HbA1c observée dans l'étude de Sigal et al. dans laquelle trois modes d'entraînement ont été comparés de façon randomisée.

Figure 28 : Phases de changement de Prochaska et Diclemente ;

Figure 29 : Comparaison entre le niveau d'activité physique initial et après 3 mois.

Figure 30 : Effet de l'activité physique sur le poids (données de la littérature).

## LISTE DES ABREVIATIONS :

|       |                                                   |
|-------|---------------------------------------------------|
| ADA   | :American Diabetes Association                    |
| ADO   | :Anti-diabétiques oraux                           |
| AOMI  | :Artériopathie oblitérante des membres inférieurs |
| AVC   | :Accident vasculaire cérébral                     |
| DAC   | :Décompensation acido-cétosique                   |
| DPP4  | :dipeptidyl peptidase-4                           |
| FDPS  | :Finnish diabetes prevention study.               |
| GLP-1 | :Glucagon like peptide                            |
| GLUT  | :Glucose transporter type                         |
| GPAQ  | :Global physical activity questionnaire           |
| HAS   | :Haute autorité à la santé                        |
| HbA1c | :Hémoglobine glyquée                              |
| HTA   | :Hypertension artérielle                          |
| IDPP  | :Indian diabetes prevention program.              |
| IG    | :Intolerance au glucose ;                         |
| IMC   | :Indice de masse corporel                         |
| IPAQ  | :International physical activity questionnaire    |
| MHD   | :Mesures hygiéno-diététiques                      |
| OMS   | :Organisation mondiale de la santé                |
| RR    | :Risque relatif.                                  |
| UKPDS | :United Kingdom Prospective Diabetes Study        |

# INTRODUCTION

Le diabète est défini comme une maladie caractérisée par une hyperglycémie pathologique dont les symptômes sont connus depuis la plus haute Antiquité. A long terme, ce sont les complications qui font la gravité de la maladie et les stratégies de prise en charge ont pour objectif de faire baisser la glycémie afin de les éviter. [1]

Le ministre de la Santé a célébré la Journée mondiale du diabète, le 7 avril 2016, et à cette occasion, il a exposé les chiffres de cette maladie au Maroc. Il en ressort une augmentation significative des diabétiques de 2011 à 2015, avec un effectif passé de 1,5 million d'individus à plus de 2 millions, âgés de 20 ans et plus.

Aujourd'hui, le diabète tue plus de 24.000 personnes par an au Maroc. Concernant la qualité de la prise en charge des diabétiques, le ministre a noté que 40.000 nouveaux cas sont diagnostiqués et pris en charge gratuitement chaque année.

À l'échelle mondiale, l'Organisation Mondiale de la Santé(OMS), qui vient de publier son premier rapport mondial sur le diabète, estime que 422 millions d'adultes vivaient avec cette maladie en 2014 contre 108 millions en 1980. La prévalence mondiale du diabète a presque doublé depuis 1980, passant de 4,7% à 8,5% chez la population adulte. [2]

Au niveau économique : la prise en charge du diabète coute 11 milliard de DHs à l'état au moment ou le budget du ministère de la santé ne dépasse pas 14 milliards.

80% des cas de diabète au Maroc sont de type 2, c'est-à-dire lié à l'obésité et au mode de vie à savoir l'activité physique et le régime alimentaire. [3]

L'activité physique régulière est depuis longtemps recommandée aux diabétiques.

Appolinaire Bouchardat, grand clinicien du XIXème siècle, conseillait déjà à ses patients la chasse, l'escrime, la rame, le patinage, le jeu de paume, le billard ainsi que les travaux actifs de labourage et de jardinage. [1]

L'activité physique fait partie intégrante de la prise en charge du diabète de type 2[4]. Pratiquée de manière régulière et adaptée, l'activité physique a de nombreux effets favorables : amélioration du contrôle glycémique, aide au contrôle du poids, préservation de la masse maigre lors de la perte de poids, effets favorables sur de nombreux facteurs de risque cardiovasculaire (pression artérielle, HDL-cholestérol, triglycérides, etc.) [5, 6].

Chez le patient diabétique de type 2 (DT2), intégrer la prescription d'une activité physique régulière dans le projet thérapeutique global nécessite une démarche clinique préalable, spécifique, visant à évaluer le patient, ses capacités, ses motivations, le contexte clinique et social, etc. Cette phase d'évaluation initiale permettra de définir, avec le patient, des objectifs adaptés, et de lui donner les conseils et recommandations appropriés, qui seront régulièrement revus et ajustés, si nécessaire, tout au long du suivi [5].

# OBJECTIFS

# DE L'ETUDE

Les objectifs de ce travail sont :

Ø Objectif général :

Evaluer l'impact de l'activité physique dans la prise en charge du diabète de type 2.

Ø Objectifs spécifiques :

1-Evaluation du niveau d'activité physique chez 180 malades diabétiques consultant au service de Diabétologie Endocrinologie du CHU Hassan II de Fès avant et après prescription personnalisée de l'activité physique.

2-Evaluation du degré de motivation et d'adhésion de ces patients à l'activité physique prescrite.

3- Identification des différentes barrières et limites empêchant la réalisation de l'activité physique.

4-Effet de l'activité physique prescrite sur l'équilibre glycémique et sur les autres paramètres cardiovasculaires.

# MATERIEL

# ET METHODE



## 1-Cadre durée et population de l'étude :

Notre étude a été réalisée au service d'Endocrinologie du CHU Hassan II de Fès.

Il s'agit d'une étude prospective.

Notre étude couvre une période de 3mois : du mois de Juin au mois de septembre 2016.

La population d'étude était constituée de tout patient diabétique type 2 quel que soit l'âge, le sexe, pris en charge au service d'Endocrinologie-diabétologie du CHU Hassan II de Fès.

### a- Les critères d'inclusion :

Tous patients diabétiques de type 2 suivis au service, Avec ou sans complications dégénératives et quelque soit l'âge, le sexe et l'ancienneté du diabète.

### b- Les critères d'exclusion :

Par contre, ne faisaient pas partie de notre étude :

- ü Les patients non diabétiques.
- ü Les diabétiques de type 1.
- ü Les femmes enceintes ayant un diabète gestationnel ou un diabète de type 2.
- ü Toute personne refusant de prendre part à l'étude.

## 2-Modalités du recueil des données :

Nous avons effectué notre travail grâce à des fiches d'exploitation

Préalablement établies (voir annexe n° 1), comportant les éléments en rapport avec la maladie (le diabète) ainsi qu'avec l'activité physique initiale et 3 mois après prescription de l'activité physique.

### a- Variables étudiées :

Chez tous les participants, nous avons recueilli les variables suivantes :

#### ü Sur le plan diabétologie :

Paramètres Sociodémographiques : l'âge, le sexe, l'origine, le niveau d'instruction, le niveau socio-économique, la couverture sociale.

*Clinique* : l'ancienneté du diabète, , les facteurs de risque cardio-vasculaires, l'indice de masse corporelle (IMC), les aspects thérapeutiques (traitement médicamenteux et non médicamenteux), les complications dégénératives du diabète.

Biologie: le taux d'hémoglobine glyquée (HbA1c) qui constituait le moyen de juger l'équilibre glycémique, le bilan lipidique, l'acide urique la clairance de la créatinine, l'examen cytobactériologique des urines(ECBU), la micro albuminurie de 24h, et dans certains cas la protéinurie de 24 heure et le fond d'œil.

Radiologie : dans certains cas une écho- doppler cardiaque était demandée, ainsi qu'une écho -doppler des troncs supra aortiques et des artères des membres inférieurs selon les recommandations internationales.

#### ü Sur le plan activité physique :

- ▼ Niveau d'activité physique initiale et 3mois après la prescription d'une activité physique adaptée.
- ▼ Degré de motivation des patients à pratiquer une activité physique régulière.
- ▼ Barrières empêchant la pratique de l'activité physique.

### 3- Traitement des données :

Les données ont été saisies sur Excel et analysées par la version 20 du logiciel SPSS.

Les variables quantitatives ont été exprimées en moyenne et écart type, et les

Variables qualitatives en effectifs et pourcentages, un  $p < 0.05$  est considéré comme statistiquement significatif.

# RESULTATS

## I – Epidémiologie :

### 1- Nombre de patients recrutés :

Le nombre de patients recrutés était de 180 patients : n= 180.

### 2 – Répartition selon l'âge :

L'âge moyen des patients était 55 ans+ / - 13 ans, avec des extrêmes d'âge de 23 et 80 ans.

122 patients (soit 68%) avaient un âge de plus de 50 ans.

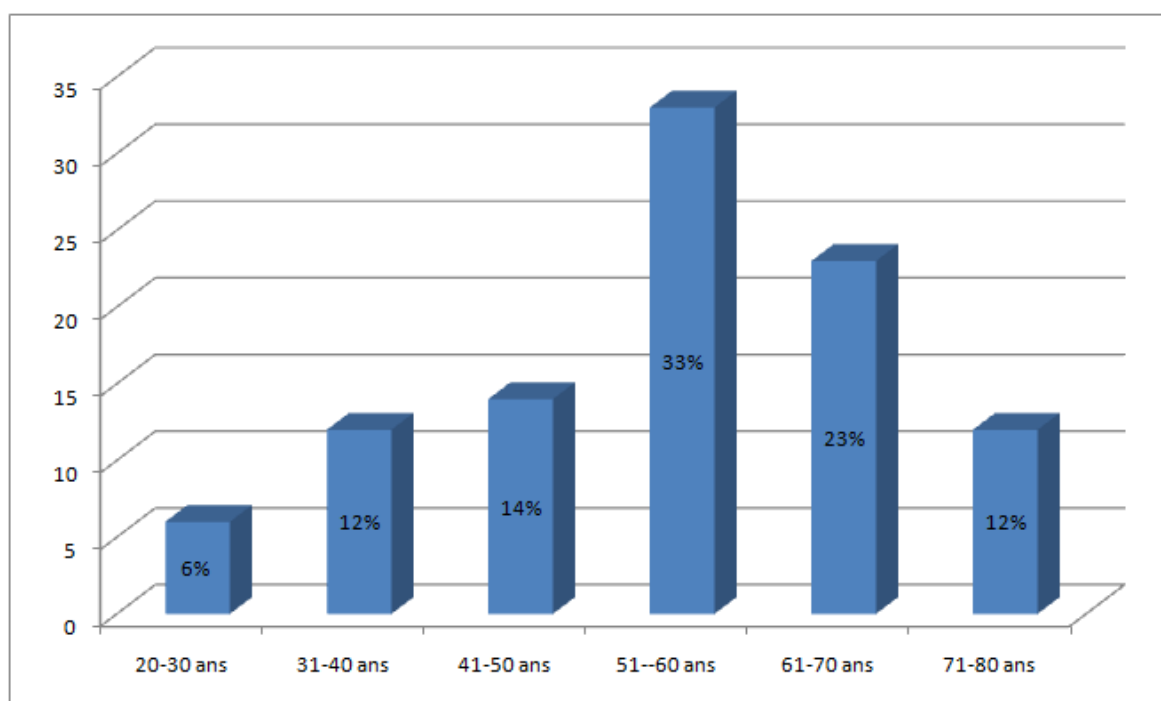


Figure 1: Répartition de l'échantillon selon l'âge

### 3 – Répartition selon le sexe :

Les hommes représentaient 47% des cas (85 patients), alors que les femmes Constituait 53% (95patients)de la population étudiée avec un sexe ratio F/H 1,12 .

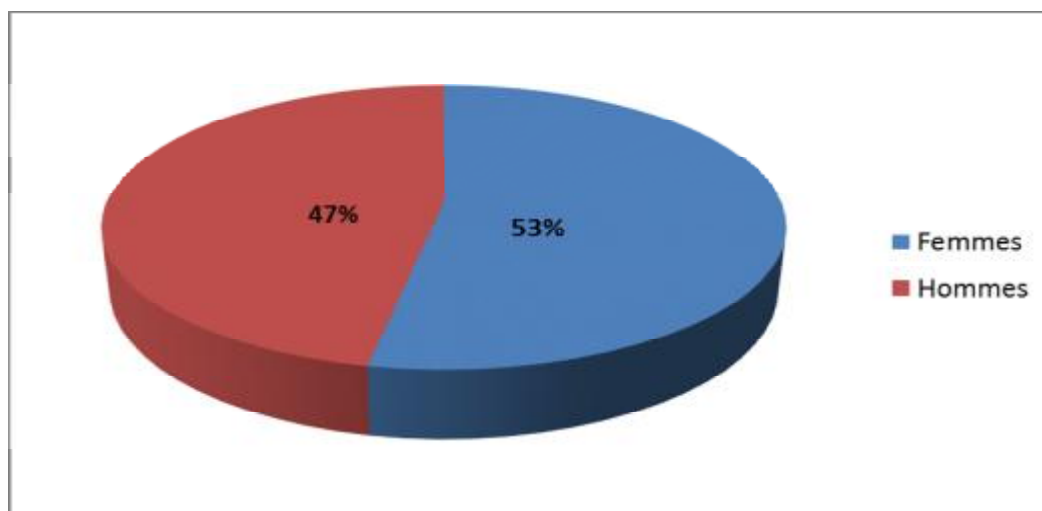


Figure2 : Répartition de la population étudiée selon le sexe

### 4 – Répartition selon le niveau d'instruction :

Pour le niveau d'instruction 44,7 % de la population étudiée n'était pas scolarisé, alors que les 55,3% des patients se répartissaient entre une scolarisation primaire (32 ,4%), scolarisation secondaire (18,4%), et seulement 4,5 % avaient un niveau d'étude supérieur.

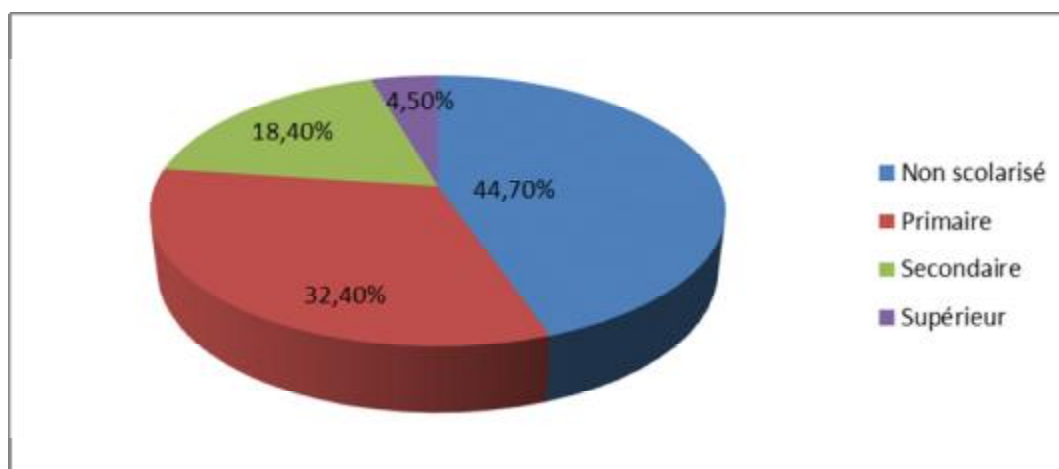


Figure 3 : Répartition de la population étudiée selon le niveau d'instruction

## 5- Profil socio-économique :

Dans notre étude ,58% des patients (104patients) avaient un bas niveau socio-économique, 34% (61 patients) avaient à un niveau moyen, et seulement 8% (15 patients) avaient un niveau élevé.

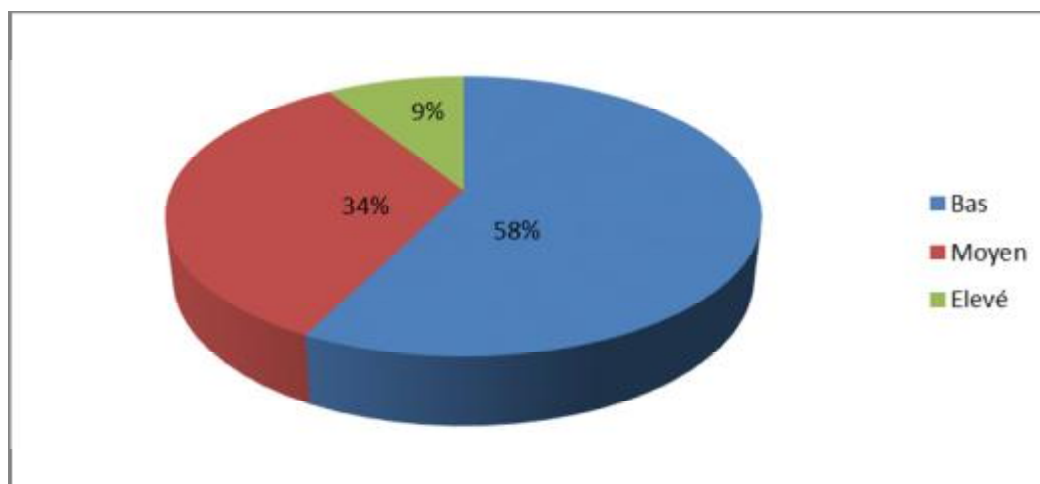


Figure 4: Répartition de la population étudiée selon le niveau socioéconomique

## 6- Répartition selon le milieu de vie

La majorité de la population étudiée (71,1%) appartenait au milieu urbain.

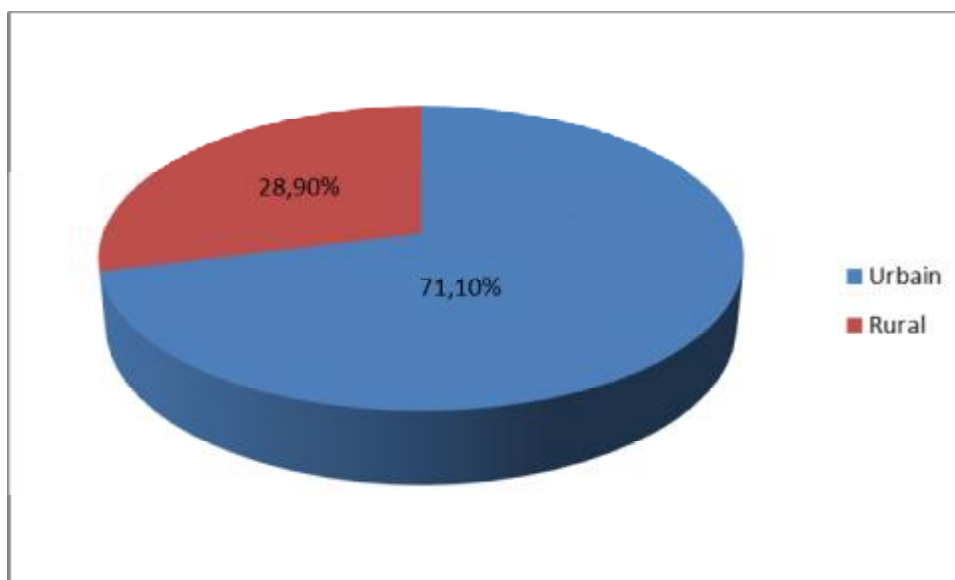


Figure 5: Répartition de l'échantillon selon le milieu de vie

## II – Données cliniques :

### 1- Ancienneté du diabète:

Dans notre population étudiée, la durée d'évolution du diabète était en moyenne de 8.2 ans+ / - 7.2, avec des extrêmes allant de 1 an à 34 ans.

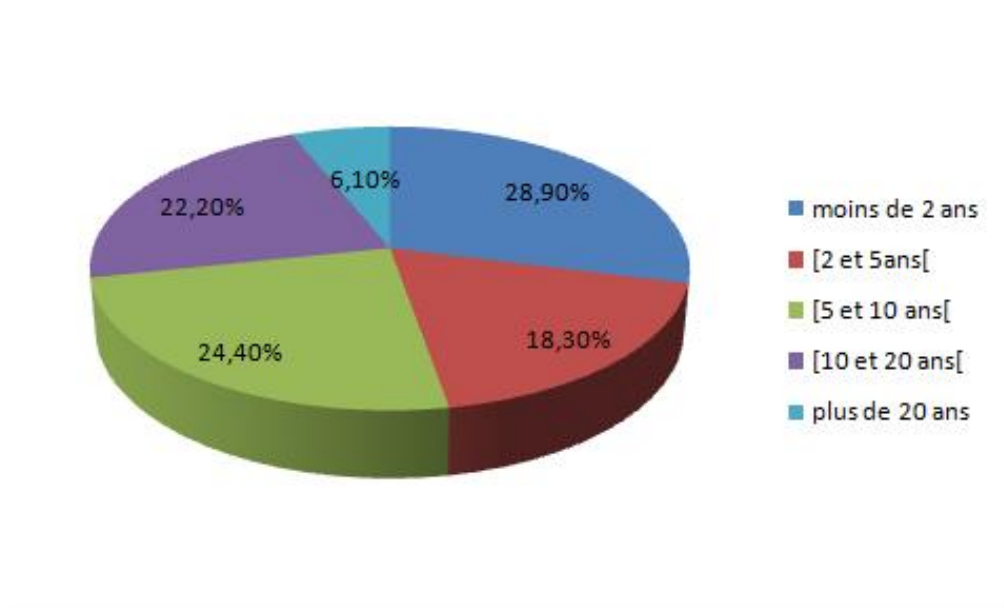


Figure 6: Répartition de l'échantillon selon l'ancienneté de diabète

## 2- Circonstance de découverte :

Dans notre série 41,4% des patients avaient découvert leur diabète suite aux signes fonctionnels (74 patients), 22,8% suite à un bilan systématique (41 patients), dans 18,3% des cas le diabète était révélé par une complication dégénérative (33 patients), dans 13,3% des cas par un diabète gestationnel (24 patients) et dans 4,4% par une décompensation acido-cétosique (DAC ) (8 patients) .

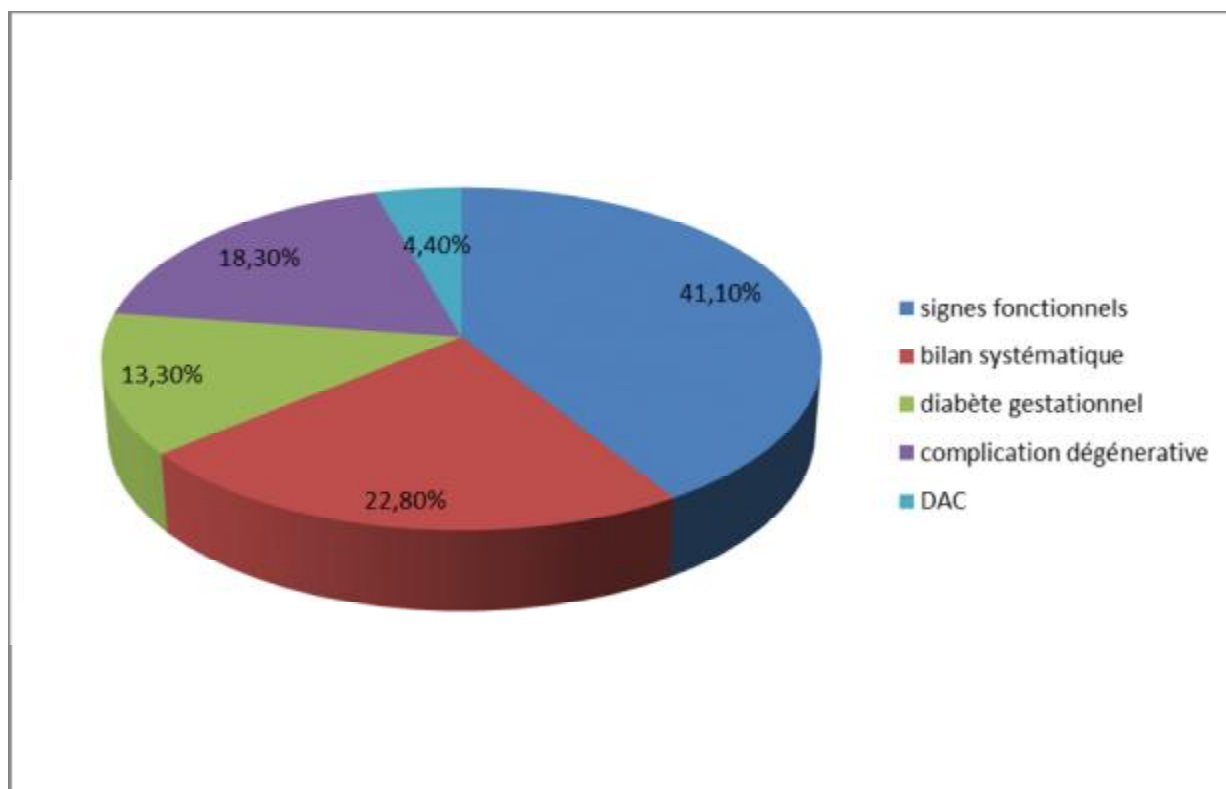


Figure 7 : Répartition de la population selon le mode de découverte du diabète



### 3- Facteurs de risque cardio-vasculaires:

#### a. L'hypertension artérielle (HTA):

Dans notre série, l'HTA était présente chez 36, 1% des patients (65 patients) , 83% des patients (48 patients) hypertendus étaient sous traitement médical.

#### b. L'obésité :

Dans notre étude, l'indice de masse corporelle de la population étudiée était compris entre 16 et 40 Kg/m<sup>2</sup> avec une moyenne de 26,96 kg/m<sup>2</sup> +/- 5,4, 33,6% des patients étaient en surpoids, 36.4% avaient un poids normal, l'obésité était notée dans 25% des cas.

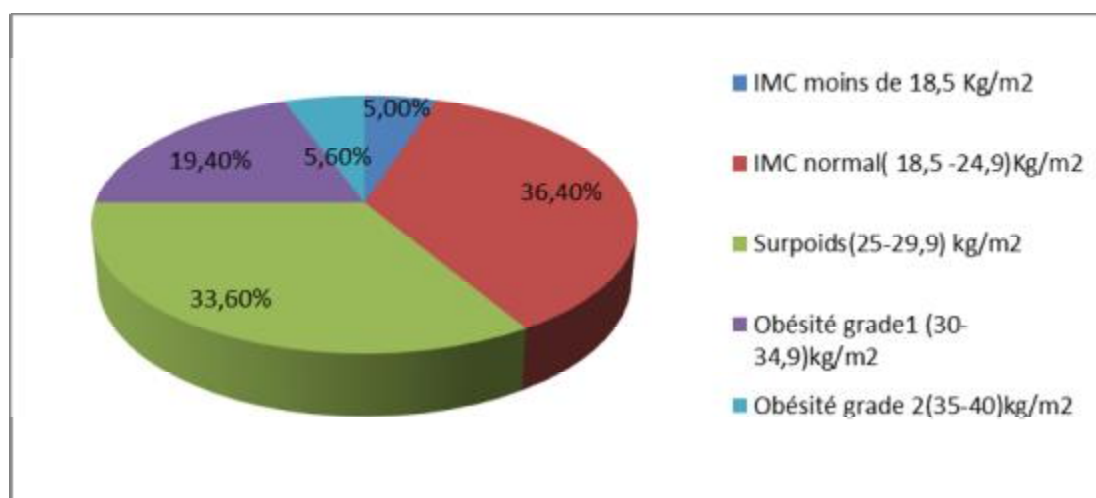


Figure 8 : Répartition de la population étudiée selon l'IMC

#### c. La dyslipidémie :

Dans notre série :23 ,9% (33 patients) de la population étudiée présentaient une dyslipidémie. 89% des patients étaient sous traitement hypolipémiant par statine selon les recommandations internationales, l'association HTA et dyslipidémie a été notée dans 17% des cas.

### e. Le tabagisme :

La notion de tabagisme actif était retrouvée chez 14% de nos patients (25 patients).

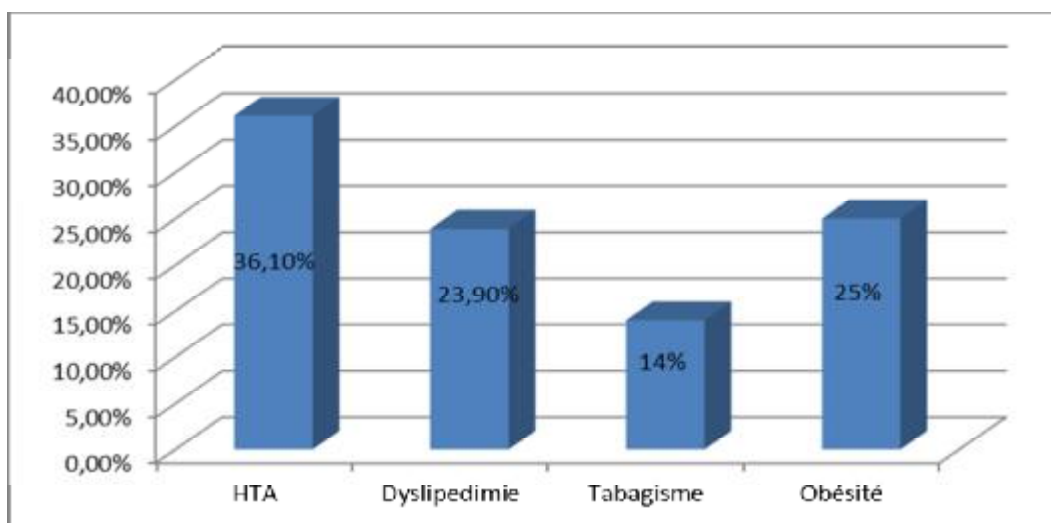


Figure 9: Profil des facteurs de risque cardio-vasculaires associés au diabète dans notre série

### 4- Le traitement :

Dans notre étude : 119 malades (66,1%) étaient sous antidiabétiques oraux ,alors que 37(20,6%) malades étaient sous association insuline+ADO, 19 malades (10,6%) étaient sous insulinothérapie et 5malades (2,8%) étaient sous mesures hygiéno-diététiques seules.

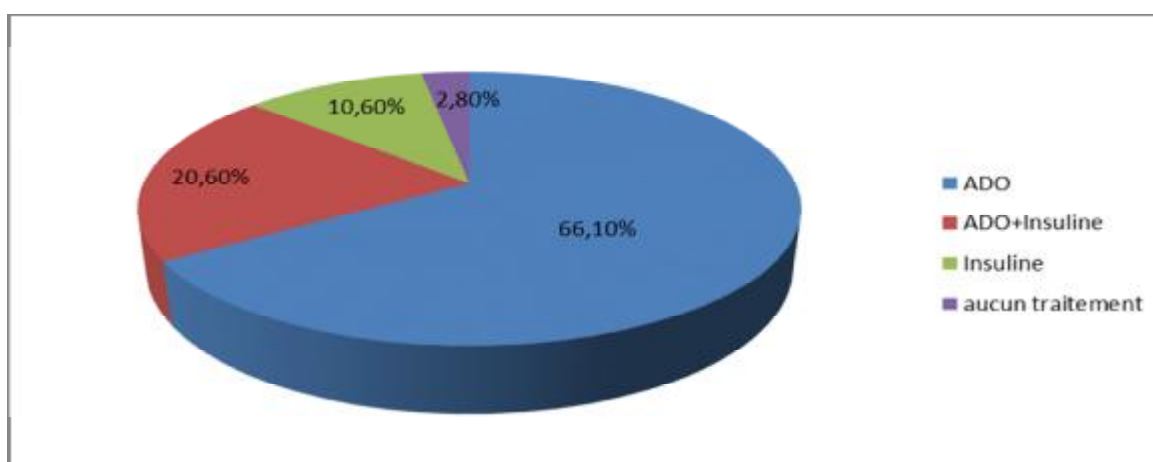


Figure 10: Répartition de la population étudiée selon le type de traitement

## 5- Les complications dégénératives :

Dans notre population étudiée plus de la moitié des cas présentait au moins une complication dégénérative (soit 55% des cas).

### a. La rétinopathie :

Dans notre série, 23% des patients avaient une rétinopathie diabétique (tout stade confondu), dont 17,22% avaient une rétinopathie diabétique minime, et 33,3% avaient une rétinopathie diabétique préproliférante modérée et 22,2% avaient une rétinopathie proliférante. 11% des patients avaient une cataracte.

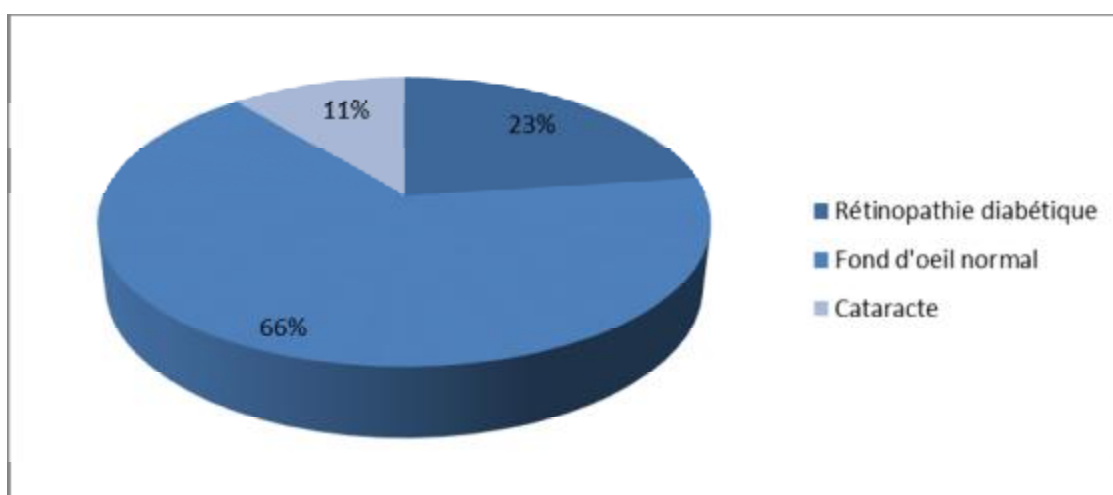


Figure 11 : Répartition de la population étudiée selon l'atteinte oculaire

### b. L'atteinte rénale :

Le calcul de la clairance de la créatinine chez nos patients, selon la formule de MDRD, a objectivé une moyenne de 88ml+/- 25,5 ml/min. Une maladie rénale chronique débutante était objectivée chez 9% des malades, une insuffisance rénale chronique modérée était objectivée chez 7,4% des malades, une insuffisance rénale chronique sévère était objectivée chez 1,6% des malades et la micro albuminurie de 24 heures était positive chez 29 patients soit 16,1 % de la population étudiée.

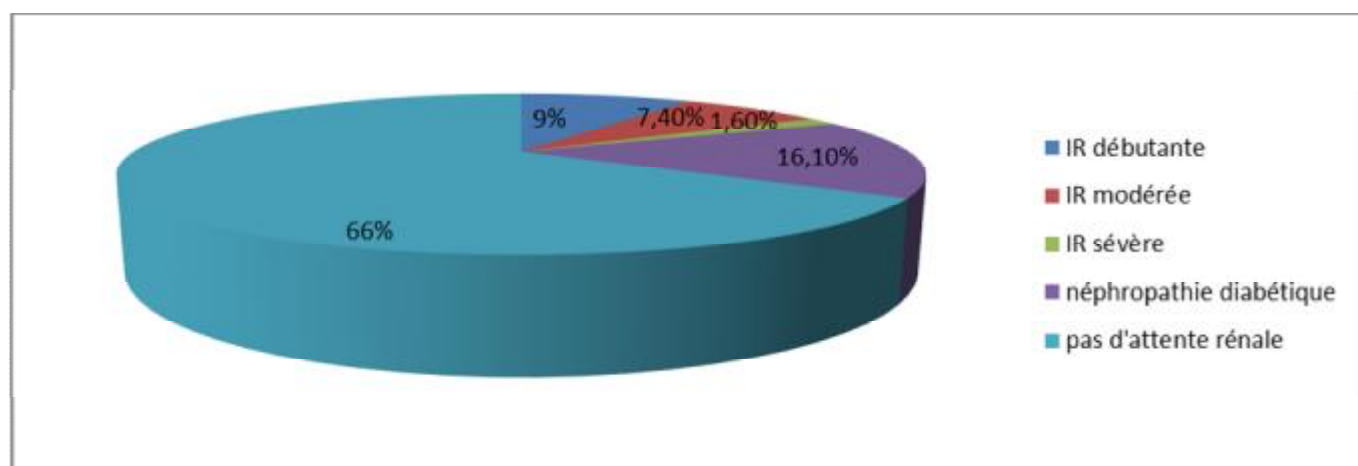


Figure 12: Répartition de La population étudiée selon l'atteinte rénale

### c. L'atteinte cardiovasculaire :

8,3% des patients (15 cas) étaient suivis pour un syndrome coronarien, alors que 4,4% des patients (7 cas) souffraient d'une insuffisance cardiaque .

## 6- Complications au cours de période de suivie :

### a.Décompensation acido-cétosique (DAC) :

Au cours de la période de suivie on avait pas noté de cas DAC chez la population étudiée.

### b.L'Hypoglycémie :

La notion d'hypoglycémie était objectivée chez 11,7% des patients soit 21 malades, tous ces malades étaient sous insulinothérapie, donc ils avaient bénéficié d'une adaptation des doses d'insuline et rééducation sur les mesures à prendre en cas d'activité physique.

### c .Atteinte podologique :

Au cours de la période de suivi on n'avait pas noté de plaies du pied ou autres atteintes podologiques .

### d .Atteintes cardiovasculaires :

Aucun cas de syndrome coronaire ou autres atteintes cardio-vasculaires n'était objectivé.

### e .Détachement rétinien :

Aucun cas de détachement rétinien n'était observé au cours de la période de suivi.

## 7- Equilibre glycémique :

Le dosage de l'HbA1c reflète l'équilibre glycémique des 3 derniers mois, et  
Constitue un moyen fiable pour la surveillance des diabétiques.

Chez la population étudiée seulement 16,7 % des diabétiques (soit 30 patients) avaient un équilibre strict avec une  $HbA1c \leq 7\%$ , 12,2% avaient un équilibre moyen (22patients)  $HbA1c \leq 7,9\%$ , et 71,1 % des patients (soit 128) avaient une  $HbA1c \geq 8\%$ .

Initialement l'HBA1c était en moyenne de  $9,4\% \pm 2,53\%$ , avec des extrêmes de 5,5% et 14,2%.

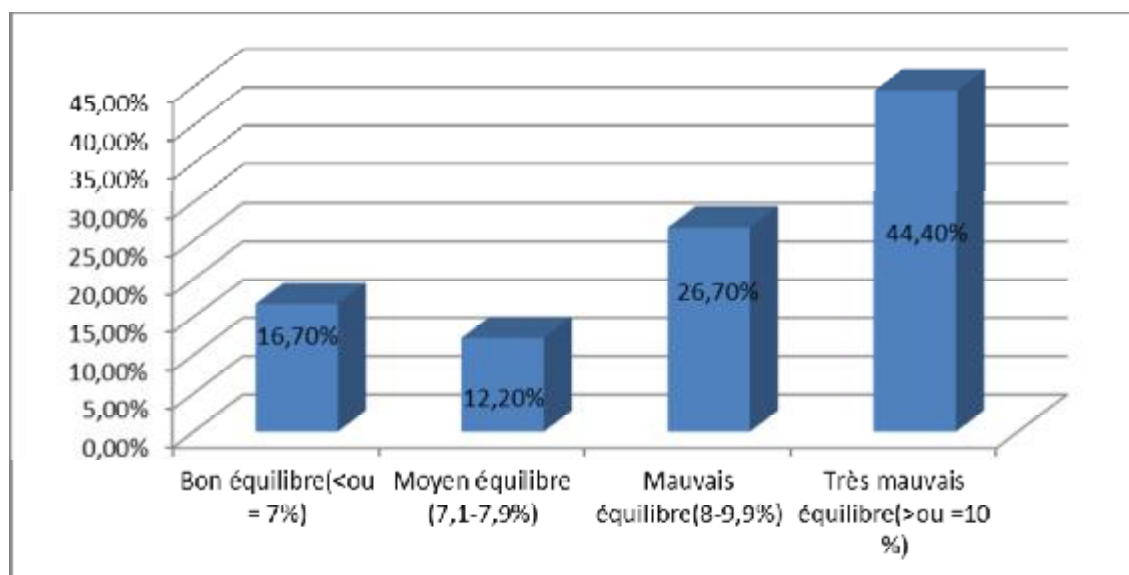


Figure 13: Equilibre glycémique initial chez la population étudiée

### III – Activité physique

Tous nos malades ont bénéficié d'une évaluation de leur activité physique à l'aide d'un questionnaire validé qui est le score mondial d'activité physique GPAQ(annexe 2),une évaluation du niveau de motivation ,d'une identification de niveau d'évolution de diabète et recherche des complications dégénératives ainsi que d'autres barrières à la pratique d'activité physique non spécifiques au diabète (arthrose, ...) ce qui permet de faire une prescription adaptée et personnalisée de l'activité physique selon l'état de chaque patient et la présence ou non de contre indications a l'activité physique tout en insistant et en éduquant les patients sur l'intérêt de l'activité physique sur l'équilibre glycémique ainsi que sur les autres facteurs de risques cardio-vasculaires .

#### 1-Evaluation de l'activité physique avec le score GPAQ [7]

Pour analyser l'activité physique de nos malades on a utilisé le questionnaire mondial de pratique de l'activité physique GPAQ .

Ce questionnaire mondial sur la pratique d'exercice physique (GPAQ), comporte 16 questions (P1-P16), a été mis au point par l'OMS pour enquêter sur la pratique d'activité physique dans les pays. Il permet de recueillir des informations sur la pratique d'exercice physique dans les trois situations (ou domaines) ci-après et sur les comportements sédentaires. Les sujets abordés sont les suivants :

- Activités au travail
- Se déplacer d'un endroit à l'autre
- Activités de loisirs

Pour analyser les données du questionnaire, on a recours au équivalent métabolique qui est le MET couramment employés pour exprimer

l'intensité de l'activités physique( le MET exprime le rapport entre la vitesse du métabolisme pendant une activité physique et la vitesse du métabolisme au repos)

Pour l'analyse des données du questionnaire, les principes suivants ont été appliqués :

- On estime que la dépense calorique d'une personne modérément active est quatre fois plus élevée, et celle d'une personne très active huit fois plus élevée, que la dépense calorique d'une personne assise sans bouger.
- Pour calculer la dépense énergétique totale d'une personne à partir des données tirées du questionnaire, on attribue 4 MET au temps passé à des activités physiques moyennement intenses et 8 MET au temps passé à des activités physiques intenses.



### a-Activité physique au travail :

Nous avons recueilli des informations sur le temps consacré au travail, qu'il s'agisse d'un travail rémunéré ou non, de tâches ménagères, de cueillir ou récolter des aliments, de pêcher ou chasser, de chercher un emploi.

Dans les questions posées, les activités physiques de forte intensité sont des activités nécessitant un effort physique important et causant une augmentation conséquente de la respiration ou du rythme cardiaque, comme soulever des charges lourdes, travailler sur un chantier, effectuer du travail de maçonnerie.

Les activités physiques d'intensité modérée sont des activités qui demandent un effort physique modéré et causant une petite augmentation de la respiration ou du rythme cardiaque, comme marche rapide ou soulever une charge légère.

Dans notre série seulement 21,7 % de nos patients avaient une activité physique au travail, parmi ces patients 3,9% avait une activité physique intense.

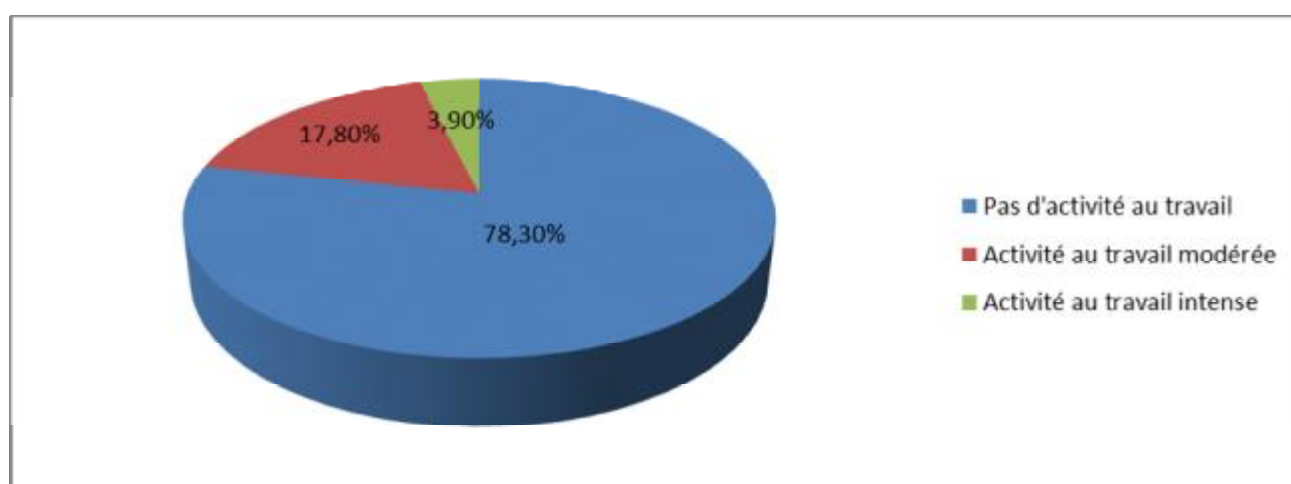


Figure 14 : Répartition de la population étudiée selon l'activité physique au travail

*b-Activité physique liée au déplacement :*

Nous avons recueilli les informations sur la façon habituelle de déplacement d'un endroit à l'autre ; par exemple pour aller au travail, faire des courses, aller au marché, aller au lieu consacré au culte.

Dans notre série 87,2% des patients avaient une activité physique liée au déplacement (représentée essentiellement par la marche à pied) alors que seulement 12,8 % n'avaient pas d'activité physique liée au déplacement.

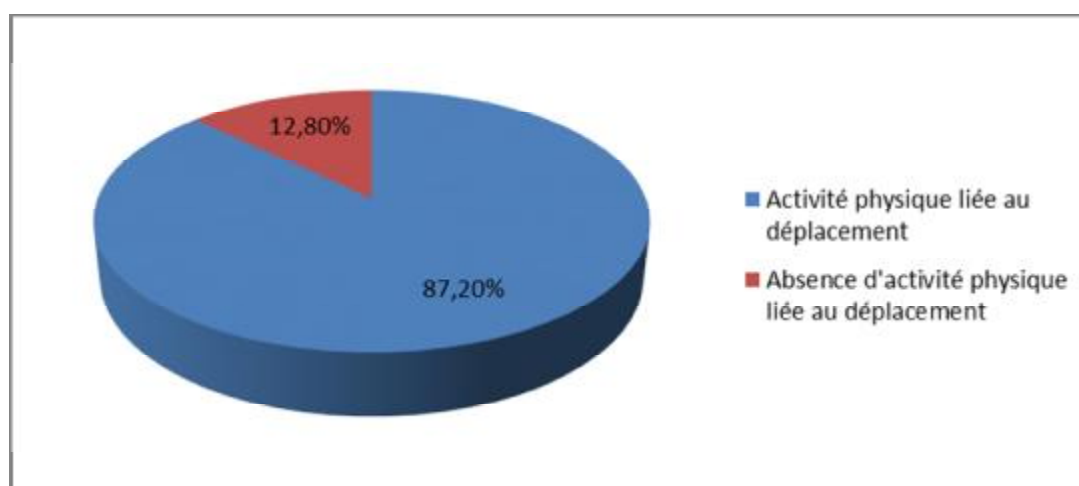


Figure 15: Répartition de la population étudiée selon l'activité physique liés au déplacement

### c-Activité physique et loisirs :

Nous avons recueilli des informations sur le sport, le fitness et les activités de loisirs.

Les activités physiques de forte intensité sont les activités physiques qui nécessitent une augmentation importante de la respiration ou du rythme cardiaque comme [courir ou jouer au football] ou d'intensité modérée qui nécessitent une petite augmentation de la respiration ou du rythme cardiaque comme la marche rapide [faire du vélo, nager, jouer au volley]

Dans notre série 70,6% des patients n'avaient pas d'activité physique de loisirs (soit 127 malades) , 24,4% avaient une activité physique de moyenne intensité(soit 44 malades),5% des malades(9 malades) avaient une activité physique de forte intensité .

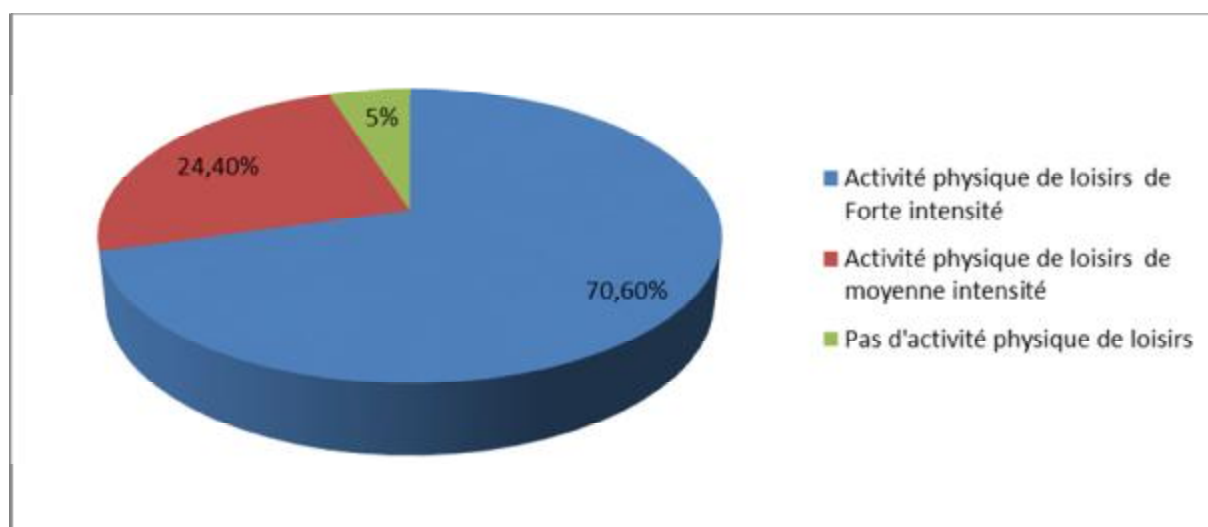


Figure 16: Répartition de la population étudiée selon l'activité physique de loisirs

### d-Comportement sédentaire :

Concerne le temps passé en position assise ou couchée, au travail, à la maison, en déplacement, à rendre visite à des amis, et inclut le temps passé [assis devant un bureau, se déplacer en voiture, en bus, en train, à lire, jouer aux cartes ou à regarder la télévision] mais n'inclut pas le temps passé à dormir.

Dans notre série le comportement sédentaire était en moyenne de 5,5 h avec des extrêmes de 1h et 12H

Tous les malades avaient bénéficié d'une éducation sur l'intérêt de la diminution du comportement sédentaire et sur son effet néfaste sur l'équilibre glycémique, ainsi que d'autres facteurs de risque cardio-vasculaires.

### e-Au total

Pour calculer le niveau d'activité physique, on tient compte du temps total consacré à l'exercice physique au cours d'une semaine typique, du nombre de jours pendant lesquels une activité physique est pratiquée et de l'intensité de l'activité physique.

Les trois niveaux d'activité physique proposés pour classer les populations sont: limité, moyen et élevé. Les critères pour chaque niveau sont précisés ci-dessous :

#### § Élevé

Sont classées dans cette catégorie les personnes qui qualifient pour l'un des critères suivants :

- ▼ Activité physique intense au moins 3 jours par semaine, entraînant une dépense énergétique d'au moins 1500 MET-minutes/semaine OU
- ▼ Au moins 7 jours de marche à pied et d'activité physique modérée ou intense jusqu'à parvenir à un minimum de 3000 MET-minutes par semaine.

### § Moyen

Sont classées dans cette catégorie les personnes qui ne qualifient pas pour les critères de la catégorie précédente mais qui remplissent l'un des critères ci-après :

- ▼ Au moins 20 minutes d'activité physique intense par jour pendant 3 jours ou plus par semaine OU
- ▼ Au moins 30 minutes d'activité physique modérée ou de marche à pied par jour pendant 5 jours ou plus par semaine OU
- ▼ Au moins 5 jours de marche à pied et d'activité physique modérée ou intense,

Jusqu'à parvenir à un minimum de 600 MET-minutes par semaine.

### § Limité

Sont classées dans cette catégorie les personnes qui ne qualifient pour aucun des critères mentionnés ci-dessus.

- ▼ Pour calculer le niveau d'activité physique on avait eu recours au guide pour l'analyse de GPAQ résumé dans le tableau I

Tableau I : Classification du niveau d'activité physique selon le questionnaire GPAQ

| Niveau d'activité physique totale | Seuil d'activité physique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| intense                           | <p>SI: <math>(P2 + P11) \geq 3</math> jours ET Activité physique totale en MET-minutes par semaine est <math>\geq 1500</math></p> <p>OU</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SI: <math>(P2 + P5 + P8 + P11 + P14) \geq 7</math> jours ET Activité physique totale en MET-minutes par semaine est <math>\geq 3000</math></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| modérée                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>SI: le niveau d'activité physique ne correspond aux critères d'une activité physique intense ET au moins un des critères ci-dessous:</li> <li>SI: <math>(P2 + P11) \geq 3</math> jours ET <math>((P2 * P3) + (P11 * P12)) \geq 3 * 20</math> minutes</li> </ul> <p>OU</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SI: <math>(P5 + P8 + P14) \geq 5</math> jours ET <math>((P5 * P6) + (P8 * P9) + (P14 * P15)) \geq 150</math> minutes</li> </ul> <p>OU</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SI: <math>(P2 + P5 + P8 + P11 + P14) \geq 5</math> jours ET Activité physique totale en MET-minutes par semaine <math>\geq 600</math></li> </ul> |
| faible                            | <p>SI: le niveau d'activité physique ne correspond ni au niveau d'une activité physique intense ni à celui d'une activité physique modérée</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Après analyse de l'activité physique initiale de nos malades on avait trouvé que 98 malades avaient une activité physique limitée (54,5%) et 71 avaient un niveau d'activité physique moyen (39,4%) et seulement 11 malades avaient un niveau d'activité physique élevé (6,1 %) .

Les résultats sont représentés dans la figure suivante :

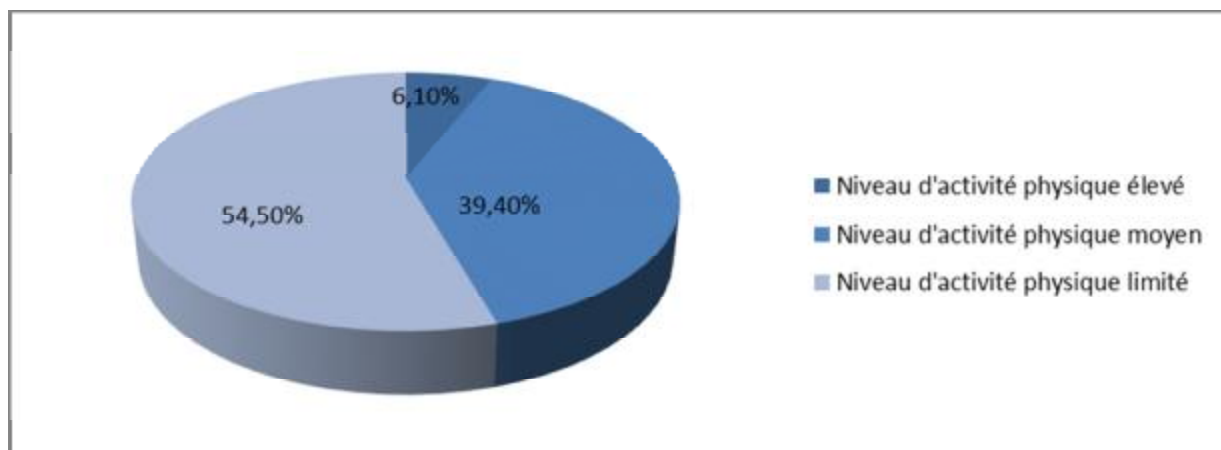


Figure 17 : Répartition des malades selon le niveau d'activité physique initiale

## 2-Education thérapeutique :

Tous nos malades ont bénéficié d'une éducation sur l'activité physique concernant :

- Son intérêt sur l'équilibre glycémique ainsi que les autres facteurs de risque cardiovasculaires
- Modalités de pratique,
- Les signes d'alarme imposant l'arrêt de l'activité physique et la consultation chez le médecin traitement,
- Comment gérer les doses d'insuline,
- Signes de l'hypoglycémie et la gestion en cas de survenue,
- Intérêt de suivi régulier chez les patients diabétiques.

### 3-Evaluation des patients et identification des barrières :

Pour prescrire l'activité physique, il est nécessaire d'évaluer l'état de santé des patients à la recherche des limites et contre indications à l'activité physique intense, Ils faut également prendre en compte le degré de motivation des patients et les barrières à la pratique de l'activité physique afin de personnaliser leurs conseils pour améliorer l'observance de cette prescription.

Pratiquement Il n'y a pas de réelles contre-indications à la prescription d'une activité physique mais des restrictions d'indications en fonction des différentes pathologies présentées par le patient. Il peut alors parfois être nécessaire de prendre un avis spécialisé notamment cardiologique en cas de risque cardiovasculaire élevé.

Les accidents graves (infarctus du myocarde, mort subite) surviennent principalement chez les sujets sédentaires qui débutent une activité d'intensité élevée sans entraînement ni évaluation médicale préalable [8]

Dans notre série, 25 patients avaient une contre indication à l'activité physique intense : 15 malades avaient une cardiopathie ischémique, 10 malades avaient une rétinopathie préproliférante et proliférante .

Pour ces malades on avait fait une prescription adaptée et progressive de l'activité physique en évitant toute activité intense et brutal qui peut induire d'événements cardio- vasculaires en collaboration avec le médecin cardiologue et/ ou l'ophtalmologue.

#### Barrières de la pratique de l'activité physique :

- ü Les barrières physiques: Retrouvées chez 31,7% des patients, représentés essentiellement par l'excès de poids (25% des cas), arthrose (26 ,7 % des cas), et ostéoporose (15% des cas),



### ü L'atteinte cardiaque :

Cette barrière était retrouvée chez 8.3% des patients (15 cas).

Elle constitue une barrière à la pratique de l'activité physique vue que la plupart des patients cardiaques présentent une dyspnée à l'effort.

A noter que les patients cardiaques ne devraient pas être dissuadés de faire de l'activité physique, mais devraient plutôt être encouragés à commencer par de courtes périodes d'exercice à faible intensité.

### ü Le manque de temps : retrouvé chez 23,9 % des malades

ü Le manque de motivation : 21,7 % des malades n'étaient pas motivés à faire une activité physique.

ü L'ignorance : 19,4% de nos malades ignoraient l'intérêt de faire une activité physique régulière sur l'équilibre glycémique ainsi que les autres facteurs de risque cardio-vasculaires.

ü Le manque de moyens financiers : Retrouvés chez 28,9% des cas.

Dans notre série on remarque la présence de plusieurs barrières chez le même patient.

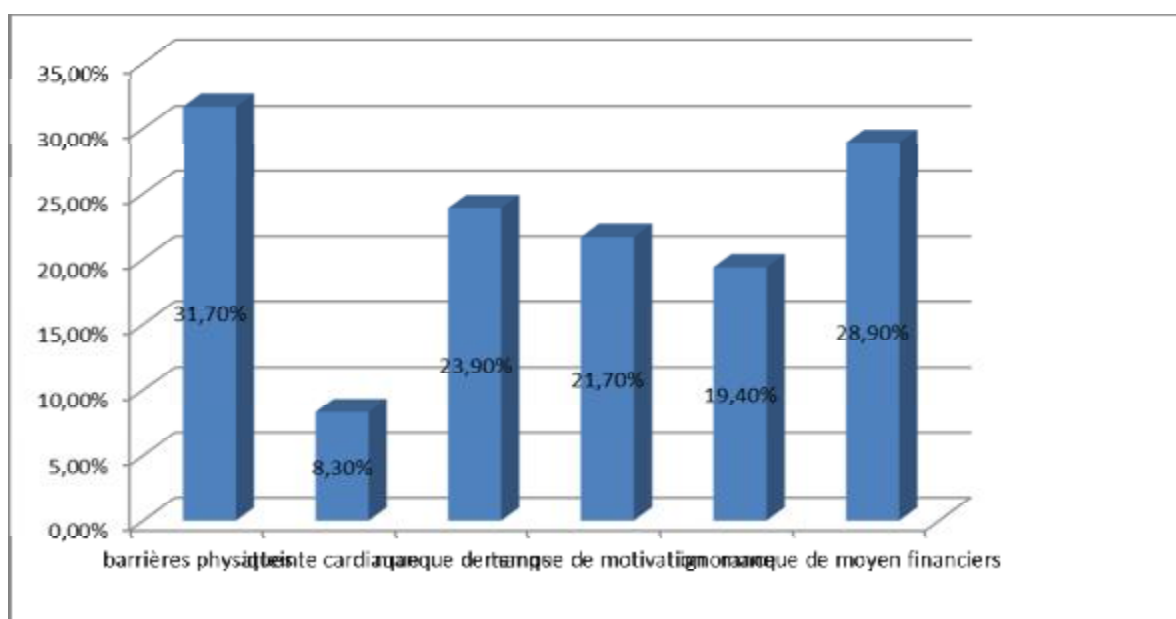


Figure 18: Barrières de pratique de l'activité physique chez la population étudiée

#### 4- Evaluation de la motivation :

On a essayé de déterminer le stade de motivation des patients en s'inspirant du modèle des phases de changement de Prochaska et Diclemente (Cf. Tableau II) afin de pouvoir s'y adapter par la suite. [9]

Tableau II : Évaluation du degré de motivation : stades de changement d'après Prochaska et Diclemente adaptés à l'activité physique

| Stade de changement | Comportement d'activité physique                                                             | Conseils                                                  |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Précontemplatif     | Ne fait pas d'activité physique actuellement<br>N'a pas l'intention d'en faire prochainement | Préparer le mouvement « sortir du fauteuil »              |
| Contemplatif        | Ne fait pas d'activité physique actuellement<br>A l'intention de démarrer prochainement      | (Ré) organiser le mouvement<br>« aider les premiers pas » |
| Actif               | Activité physique régulière depuis au moins 6 mois                                           | Entretenir le mouvement<br>« persévérer dans l'effort »   |

Selon le stade de changement de nos patients on avait trouvé les résultats suivants :

- ü Précontemplatif : chez 39 patients (21,7%)
- ü Contemplatif : chez 76 des patients (42,2%)
- ü Actif : chez 65 patients (36,4%)

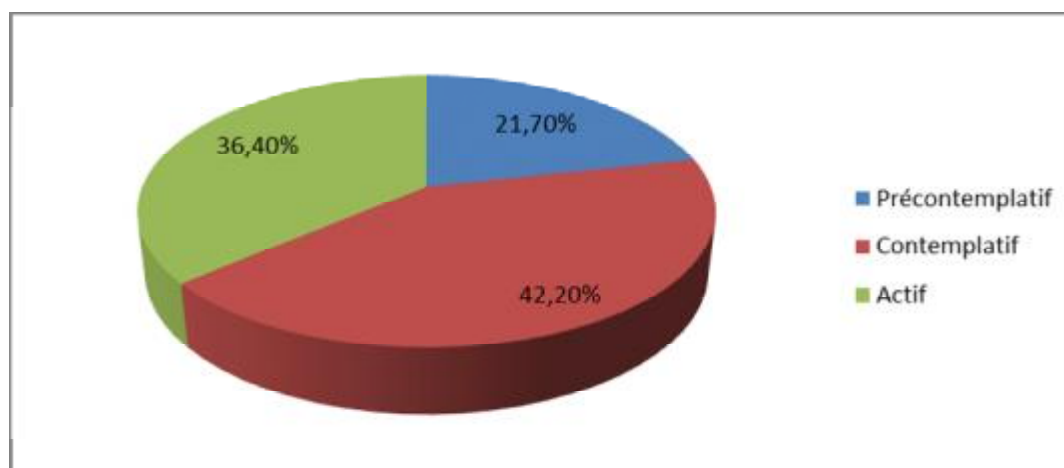


Figure 19 : Répartition de la population étudiée selon le niveau de motivation

## 5 –Prescription adaptée de l'activité physique :

La prescription de l'activité physique était adaptée en fonction de l'état des patients ce qui nous a permis de distinguer 3 catégories :

### a-Patients diabétiques de type 2 bien portants qui ne présentaient pas de limites à la prescription l'activité physique:

Cette catégorie représentait 155 malades (86.1%) : Pour ces patients on a prescrit une activité basée sur les recommandations internationales de l'activité physique(recommandations de la HAS 2014 et SFD 2013,ADA 2016) à savoir une activité en endurance au moins de moyenne intensité d'une durée au moins de 150 min/semaine sur en moins 3 jours de suite répartie sur des séances d'au moins 10 min avec au maximum 2 jours sans activité physique et ou une activité physique en résistance au moins 2 fois par semaine sur 2 jours non consécutifs d'une intensité modérée à élevée et chaque session doit comporter 5 à 10 exercices incluant les principaux groupes musculaires de 10 à 15 répétitions chacun j'jusqu'a la survenue de fatigue avec progression dans le temps sur des charges plus importantes.[10]

### b-Patients diabétiques type 2 présentant une contre indication à l'activité physique :

Représenté par 25malades (13.9%) répartis entre l'atteinte cardiaque (15 malades), et l'atteinte rétinienne (10malades) .

Pour ces malades les premiers conseils simples visent à limiter le comportement sédentaire et à encourager une activité physique minimale dans la vie de tous les jours. Dans cette situation, l'activité physique doit être débutée de façon très progressive par des activités d'intensité faible à modérée lors des tâches de la vie courante ou de certaines activités de loisirs

Pour ces malades on avait fait une prescription de l'activité physique après l'accord du medecin cardiologue et /ou ophtalmologue .

c-Patients diabétique type 2 sous insuline ou sulfamides hypoglycémiants :

On avait prescrit une activité physique selon les recommandations internationales mais avec une éducation sur la gestion de l'insuline en cas d'activité physique intense selon les modalités décrites ci-dessous et sur la gestion d'hypoglycémie.

## 6-Effets de l'activité physique prescrite sur l'équilibre glycémique et le poids :

### a-L'indice de masse corporelle (IMC) :

Dans notre étude, l'indice de masse corporelle de la population étudiée était en moyenne de 26,96 kg /m<sup>2</sup> +/-5,4,

Après 3 mois, on avait évalué de nouveau l'IMC des malades qui était en moyenne de 26,75 +/-5,4, donc on avait une diminution faible de l'IMC des malades de 0,21 kg/m<sup>2</sup> (un p<0,001)

### b-L'activité physique :

3 mois après prescription de l'activité physique, on avait évalué à nouveau l'activité physiques des malades, on avait trouvé que 48 malades avaient une activité physique limitée (26.7%) et 113 avaient un niveau d'activité physique moyen (62.8%) et seulement 19 malades avaient un niveau d'activité physique élevé (10.55 %)

Les résultats sont représentés dans la figure suivante :

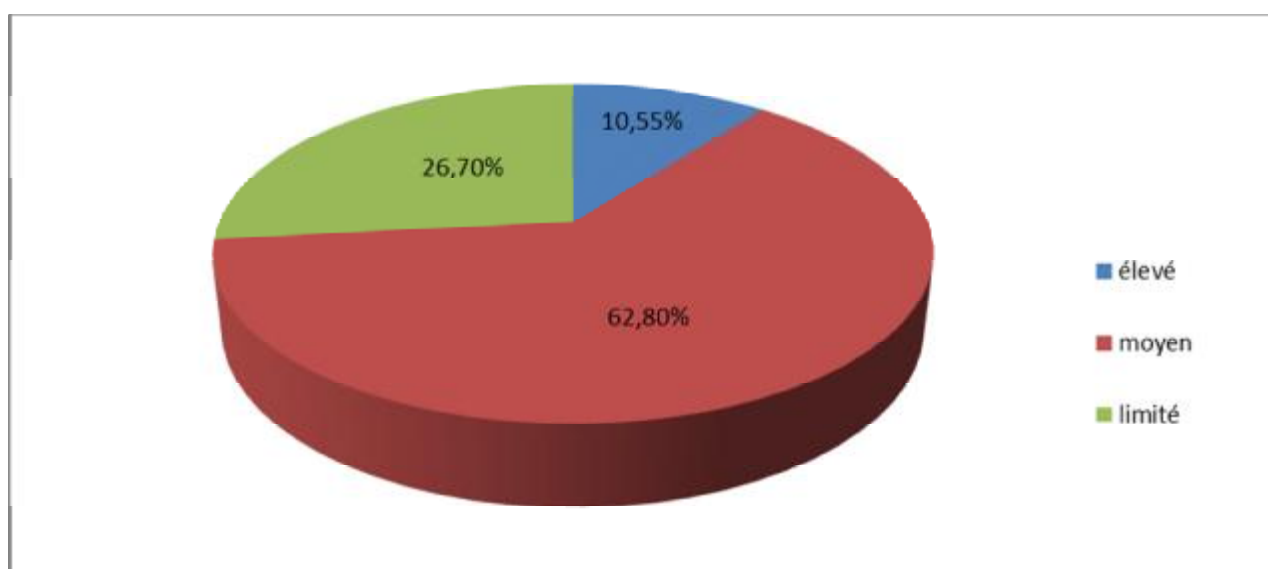


Figure 20 : Répartition des malades selon le niveau d'activité physique après 3 mois

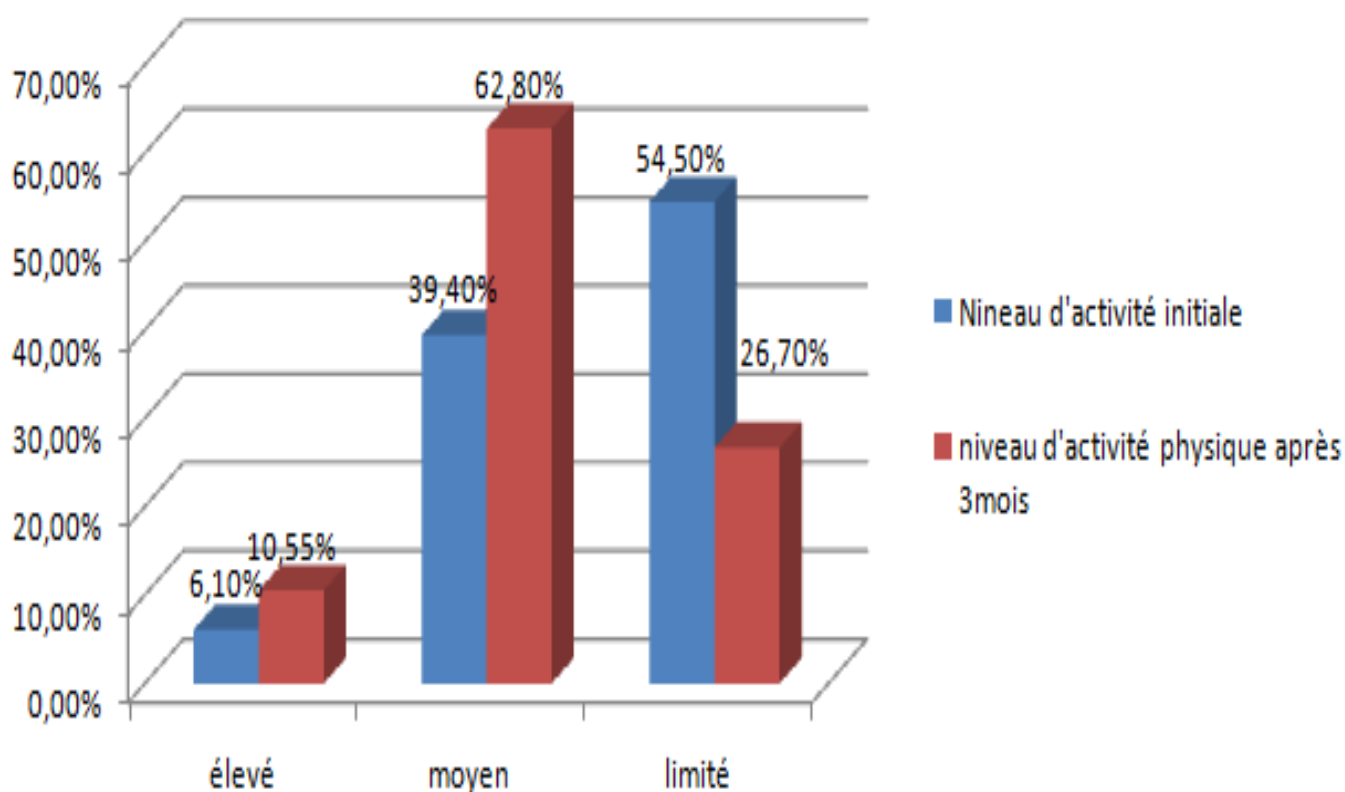


Figure 21 : Comparaison de niveau d'activité physique initiale et après 3 mois

Après 3 mois, on avait évalué aussi le comportement sédentaire de la population étudiée, on avait remarqué une diminution significative de la sédentarité avec une moyenne de 3h par jour(par rapport à 5,5h) de comportement sédentaire, avec des extrêmes allant de 1h à 8h, ( $p=0,01$ ) .

### c- L'équilibre glycémique :

Après 3mois de prescription d'activité physique l'HBA1c était de 7,8%, avec des extrêmes de 5,2% et 11% (  $p < 0,001$  )

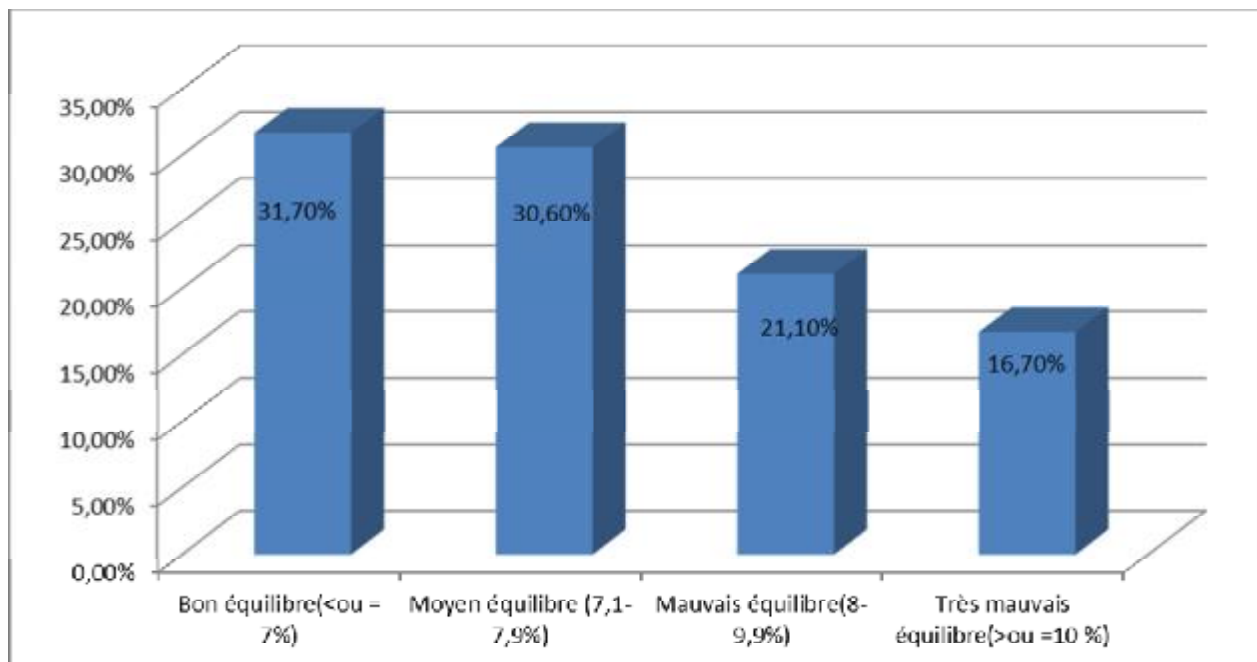


Figure 22 : Equilibre glycémique après 3mois chez la population étudiée

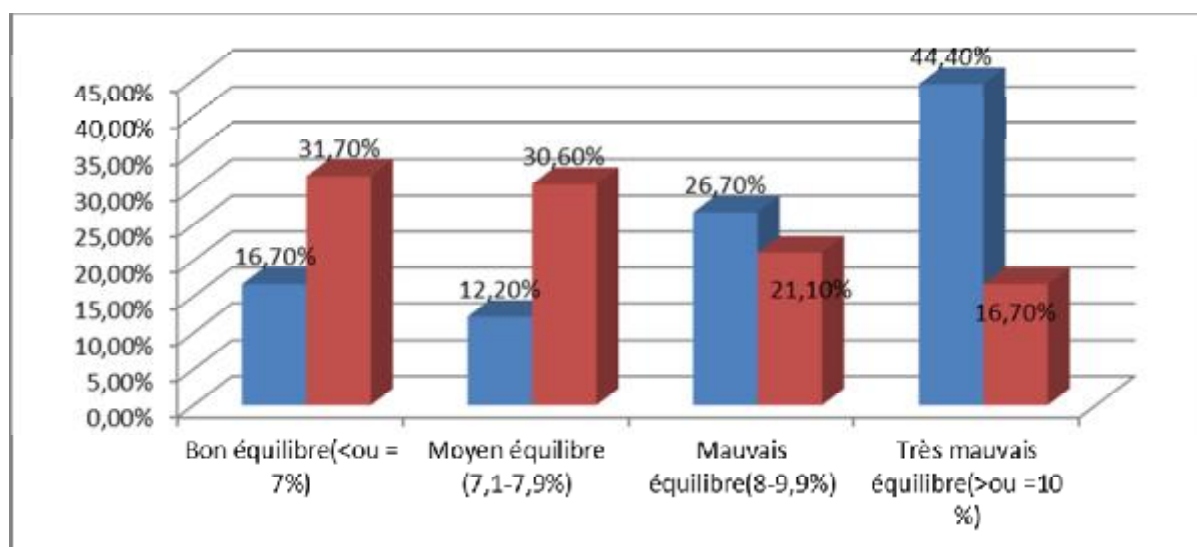


Figure 23 : Comparaison entre équilibre glycémique initial et après 3mois chez la population étudiée

Donc on comparant l'équilibre glycémique initial, et 3mois après prescription d'activité physique adaptée, on avait noté une diminution de l'HBA1c de l'ordre de 1,6 % (un  $p < 0,001$  )

# DISCUSSION



## I-Rappels : activité physique

L'activité physique est un déterminant majeur de l'état de santé, d'autant plus quand elle est associée à un mode de vie sain. Dans les pays industrialisés, l'inactivité physique est le deuxième facteur de risque individuel, après le tabagisme d'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2002 [10].

### 1. Définition :

L'activité physique se définit comme tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques entraînant une augmentation de la dépense d'énergie au-dessus de la dépense de repos.[11,12]

Il s'agit d'un comportement qui se caractérise par plusieurs caractéristiques pouvant être mesurés au moyen de différentes méthodes. Cela n'est pas forcément synonyme d'activité sportive. Selon l'OMS, le sport est un «sous-ensemble de l'activité physique, spécialisé et organisé », c'est une « activité revêtant la forme d'exercices et/ou de compétitions, facilitées par les organisations sportives ». En d'autres termes, le sport est la forme la plus sophistiquée de l'activité physique, mais l'activité physique ne se réduit pas au sport, elle comprend aussi l'activité physique dans la vie de tous les jours, à la maison (ménage, courses...), au travail, dans les transports et au cours des loisirs non compétitifs. [10]

Par opposition, le comportement sédentaire est l'état dans lequel «les mouvements sont réduits au minimum et la dépense énergétique proche de celle du repos ».Il ne Correspond pas à l'absence d'activité mais à la pratique d'occupations en position assise telles que regarder la télévision, travailler sur ordinateur, lire, discuter avec des amis, Conduire ou manger...[11] occupations pour lesquelles la dépense énergétique est de l'ordre de 1 à 1,5 à noter que le MET est le rapport du coût

énergétique d'une activité donnée à la dépense énergétique de repos,[10] ,cette notion sera détaillé ultérieurement .

L'accélération récente de la disponibilité de multiples types d'écran (ordinateur, télévision, téléphone portable...) dans toutes les tranches d'âge, au travail, à l'école, à la maison et au cours des loisirs, explique, en partie, l'intérêt actuel pour l'étude des comportements sédentaires et leurs conséquences potentielles sur la santé. [13] A noter qu'une activité physique régulière ne protège pas des méfaits de la sédentarité. [12 ,14].

Slide 8 of 13



Mike Trunell MoveLab.org

## 2. Caractéristiques de l'activité physique

L'activité physique est caractérisée par quatre caractéristiques principales qui sont le type d'activité physique, sa durée, son intensité, sa fréquence. [11]

La durée de l'activité physique s'exprime généralement en minutes, sa fréquence en période, épisode, ou séance par semaine. [10]

### a. Types d'activité physique :

#### ü l'activité physique en endurance ou activité aérobie :

Activités physiques faisant appel à des mouvements rythmiques et ininterrompus sollicitant les mêmes groupes musculaires importants pendant au moins 10 minutes à la fois. [15].

C'est le cas de la marche, du vélo ou encore de la natation. Elle permet d'améliorer l'aptitude physique et la tolérance à l'effort.

D'un point de vue énergétique, l'endurance met en jeu la filière aérobie. C'est ce type d'activité qui est le plus favorable pour le système cardiovasculaire et respiratoire. [16]

#### ü Activité physique en résistance

La résistance traduit l'aptitude à maintenir un exercice d'intensité élevée, égale ou proche de la capacité maximale de l'individu, pendant un temps relativement court (compris entre 20 secondes et 1 minute 30, voire 2 à 3 minutes) (par exemple : un sprint, une course de 400 mètres).

D'un point de vue énergétique, la résistance met en jeu la filière anaérobie lactique qui se caractérise par une production importante d'acide lactique. [13]

#### ü l'activité physique en contre résistance

Exercices physiques brefs et répétitifs effectués à l'aide de poids, d'appareils à contrepoids, de bandes élastiques ou du corps lui-même (flexion-extension des bras, par exemple). [15].

-Souvent qualifiée de « musculation ». Elle représente un complément intéressant car permettant de potentialiser les effets de l'entraînement global tout en variant les exercices. Pour ce type d'activité physique, il existe les contractions de type dynamique, concentrique (raccourcissement du corps musculaire) et excentrique (allongement).[13]

#### Ø Exercices contre résistance isométrique

Également appelé travail statique, ils sont caractérisés par une contraction musculaire maintenue constante contre résistance, sans changement de longueur du muscle. Ils sollicitent essentiellement le métabolisme anaérobie (l'exemple typique est celui de l'haltérophilie).

Ils sont contre-indiqués chez les patients porteurs de pathologies cardiaques. En effet, en raison de l'absence de baisse des résistances périphériques, ils entraînent des effets hémodynamiques potentiellement délétères, avec augmentation rapide et importante des deux composantes, systolique et diastolique, de la pression artérielle et de la surcharge de travail cardiaque que cela impose. [13]

#### Ø Exercices contre résistance dynamique :

Ils regroupent le renforcement musculaire et la musculation segmentaire. Ils se caractérisent par la succession de mouvements concentriques et excentriques effectués par un membre ou un segment de membre travaillant contre résistance. Ces exercices sollicitent les filières aérobie et anaérobie en proportions variables selon l'amplitude du mouvement, l'importance de la charge, la durée de l'exercice et la quantité de masse musculaire mise en jeu. Ils permettent d'augmenter la masse et la force musculaires.

Il s'agit d'exercices réalisés avec de petits haltères, des bracelets lestés, des bandes élastiques, ou bien en utilisant des bancs de musculation spécifiques. [13]

## ü les activités physiques de type gymnique

Elles représentent un complément intéressant. Au-delà de leurs effets musculaires, elles permettent en effet d'améliorer la coordination et l'équilibre, ce qui est souvent utile chez les sujets âgés. Elles sont en cela un moyen essentiel de la prévention des chutes et donc de la traumatologie de la personne âgée. Elles intègrent souvent des techniques d'étirements musculaires (stretching...) qui en réduisant ou en prévenant les raideurs péri-articulaires, facilitent la gestuelle impliquant en particulier la ceinture pelvienne et scapulaire[13]. Il s'agit d'un moyen physique simple, susceptible d'améliorer l'état fonctionnel des patients avec des répercussions dans l'autonomie au quotidien (déambulation, utilisation des membres supérieurs, habillage, toilette, ramassage d'objet au sol...) et dans le confort (contrôle de la douleur chez les rachialgiques). Il s'agit de mouvements gymniques habituellement lents, rythmés par une respiration ample et profonde. L'exemple le plus validé est représenté par certains types de gymnastiques chinoises, telles que le tai chi et le qi gong. Une composante de relaxation est souvent associée participant à la sensation de bien-être. [16]

### b. Intensité de l'activité physique :

La notion d'intensité renvoie au pourcentage de puissance ou au niveau d'effort lors de la pratique de l'activité ou de l'exercice physique. Cela revient à se poser la question suivante: quelle énergie la personne déploie-t-elle lorsqu'elle pratique l'activité ? L'intensité des différentes formes d'activité physique varie d'une personne à l'autre. [17]

Classiquement, trois niveaux d'intensité d'activité physique sont décrits : activité légère/moyenne/intense.

La notion d'énergie déployée ou de coût énergétique lié à une activité physique peut être exprimée en équivalent métabolique (MET ou Metabolic Equivalent Tasks :

rapport du coût énergétique d'une activité donnée à la dépense énergétique de repos). [10,18] donc le MET correspond à la dépense énergétique d'un sujet au repos, assis. On l'estime à une consommation de 3,5 ml d'oxygène(O<sub>2</sub>) par kilogramme de poids corporel par minute, ou à environ 1 kilocalorie par kilogramme de poids corporel par heure. [19]

Le *tableau suivant (tableau III)* présente quelques équivalences(MET) pour des activités de loisirs courantes [20]:

| Type d'activité de loisirs                     | Mets  |
|------------------------------------------------|-------|
| Marche :                                       |       |
| – à allure modérée (3,2 à 4,6 km/h)            | 3     |
| – rapide (4,8 à 6,2 km/h)                      | 4     |
| – très rapide (> 6,4 km/h)                     | 4,5-5 |
| Jogging (< 10 km/h)                            | 7-10  |
| Jogging (> 10 km/h)                            | 12    |
| Vélo                                           | 7     |
| Tennis, squash, jeux de raquette en simple     | 7     |
| Natation                                       | 7     |
| Gymnastique, step ou autres exercices aérobies | 6     |
| Yoga                                           | 4     |
| Tondre la pelouse                              | 6     |

Ces équivalences sont des moyennes et restent des valeurs indicatives. Pour transformer les quantifications en kcal, il faut utiliser l'équivalent énergétique de l'oxygène (1 litre d'oxygène [O<sub>2</sub>] consommé = 5 kcal), d'où 1 MET = 3,5 ml O<sub>2</sub>/kg poids corporel/min = 1 kcal/kg poids corporel/h. [10]

Les différentes intensités d'activité physique sont ainsi définies : [13]

- faible intensité : < 3 Mets (< 3 fois la dépense de repos) ;
- intensité modérée : 3-6 Mets
- forte intensité : 6-9 Mets
- très forte intensité : > 9 Mets.

Les tables disponibles dans la littérature permettent d'estimer la valeur énergétique de l'activité physique (Ainsworth et coll., 1993 et 2000b ; Vaz et coll., 2005).

L'OMS donne pour exemples[17] :

Ø Pour une activité physique modérée :

- Marcher d'un pas vif,
- Danser,
- Jardiner,
- S'acquitter de travaux ménagers et domestiques,
- Participer activement à des jeux et sports avec des enfants/sortir son animal domestique...

Ø Pour une activité physique intense :

- Courir,
- Grimper une côte à vive allure,
- Faire du vélo à vive allure,
- Faire de l'aérobic,
- Faire des sports et jeux de compétition (football...)
- Faire des travaux de force

### 3. Mesure de l'activité physique

Quand on parle de mesure de l'activité physique, il faut différencier les mesures de l'activité physique elle-même ou la mesure de la dépense énergétique induite par l'activité physique. Il existe différentes méthodes pour mesurer l'une ou l'autre. [10 ,11] (Cf. Tableau IV).

Tableau IV: Méthodes de mesure de l'activité physique et de la dépense énergétique

[16]

|                        | Activité physique                                                                                       | Dépense énergétique                                                                                                          |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Critères de références | Observation                                                                                             | -Calorimétrie directe<br>-Calorimétrie indirecte<br>(eau doublement marquée, consommation d'oxygène)<br>-Fréquence cardiaque |
| Mesures secondaires    | -Podomètre<br>-Accéléromètre                                                                            |                                                                                                                              |
| Mesure déclarative     | -Rappel d'activité (auto administré, entretien)<br>par le sujet ou une tierce personne.<br>-Journal/log |                                                                                                                              |



### a .Méthodes de mesure de l'activité physique :

#### Rappel d'activité (questionnaire) :

Le rappel d'activité est aussi une méthode déclarative qui se présente sous la forme d'un questionnaire rempli par le sujet lui-même, seul ou au cours d'un entretien, ou par une tierce personne (enseignant, assistante maternelle, conjoint....). Les questionnaires sont souvent utilisés dans les études épidémiologiques pour déterminer quel est leur niveau d'activité physique habituel [11,16]. Ils sont traditionnellement conçus de manière à ce que le sujet reporte le type d'activité pratiquée, la fréquence, la durée et l'intensité l'activité physique au travail, d'autres ne mesurent que l'activité physique de loisir, mais de plus en plus, les questionnaires intègrent les différents contextes de pratique et permettent de mesurer l'activité physique habituelle globale.

En fonction du questionnaire administré et du mode de calcul du score appliqué, l'estimation de la proportion de sujets suivant les recommandations d'activité physique peut fortement varier et les comparaisons internationales sont donc difficiles.

Le rappel d'activité a donc pour avantage un faible coût, une application facile, un possible recueil des caractéristiques des activités physiques. Il permet de classer les sujets dans des catégories d'activité physique. Il est utilisable dans les enquêtes épidémiologiques.

Ses limites sont la précision du rappel avec un biais de mémoire et d'interprétation de la part du sujet. Il existe des facteurs limitant liés au sujet (âge, culture, capacité cognitive...). Leur validité est difficile à établir (corrélation entre la mesure observée et critère externe). La conception du questionnaire : longueur, questions ouvertes/fermées, entraîne des variabilités importantes d'une étude à l'autre. [16]

De nombreux questionnaires de mesure de l'activité physique sont disponibles dans la littérature. La plupart d'entre eux sont des questionnaires génériques, administrables en population générale. [21]

Revue critique des questionnaires d'activité physique administrés en population française et perspectives de développement [22]

C'est un travail qui a permis de recenser dix questionnaires ayant fait l'objet d'au moins une étude de validation en langue française. Les questionnaires identifiés sont utilisés en recherche ou dans le cadre d'enquêtes en population générale.

Leur utilisation en pratique professionnelle est plus difficile du fait de leur longueur ou des indicateurs fournis qui nécessitent un calcul qui, dans la plupart des questionnaires, n'est pas automatisé.

L'activité physique est un comportement et la dépense énergétique représente le coût énergétique associé à ce comportement.

L'extrapolation d'une dépense énergétique est fréquemment obtenue à partir des données recueillies dans les questionnaires en multipliant une durée et une fréquence par un coût énergétique théorique, exprimé en équivalent métabolique (MET), associé à chacune des activités physiques ou des intensités de pratique déclarées. La généralisation des équivalents métaboliques(Mets) à travers la publication d'un compendium des activités physiques permet de faciliter l'attribution de ces coûts énergétiques. Le compendium est organisé pour maximiser la flexibilité dans le codage, la saisie des données et l'interprétation des coûts énergétiques pour chaque classe et type d'activités physiques. Les différentes activités sont listées comme des multiples du métabolisme de repos (1 MET) et varient de 0,9 (sommeil) à 18 Mets (courir à 17,5 km/h). [23]

Pour favoriser son utilisation en France, le compendium des activités physiques pour adultes d'Ainsworth et al.[24][25] et celui de Ridley et al.[26] pour les plus jeunes ont été traduits en français.

Quel que soit l'instrument de mesure utilisé pour rendre compte de l'activité physique, la dépense énergétique est souvent le principal indicateur utilisé mais la dépense énergétique seule donne une vision restrictive du concept d'activité physique. Cette vision est soutenue par la définition de l'activité physique largement répandue : « ensemble des mouvements corporels produits par la mise en action des muscles squelettiques et entraînant une augmentation substantielle de la dépense énergétique au-dessus du métabolisme de repos » et le paradigme bioénergétique sous-jacent. Cependant, comme le soulignent Gimeno- Santos et al, l'activité physique est un concept à multiples facettes qui va bien au-delà d'une quantité ou d'une fréquence. Nous pouvons alors nous interroger sur la nécessité de développer de nouveaux indicateurs permettant de mieux caractériser l'activité physique.

Chaque méthode a ses limites et ses avantages et bien que les limites des questionnaires soient clairement identifiés, moins d'attention a été accordée aux limites potentielles de leurs homologues objectives qui pourtant existent.

De ce fait, la combinaison de méthodes, quelle que soit la population, est aujourd'hui recommandée car leur complémentarité permet d'apprécier l'activité physique dans sa complexité.

Les questionnaires spécifiques à la population âgée sont également peu nombreux mais des questionnaires adultes peuvent également être utilisés dans cette population, ce qui pose la question de la spécificité de la mesure de l'activité physique chez les personnes âgées et renvoie à leur hétérogénéité. En effet, si des questionnaires adultes peuvent être administrés à des personnes âgées, ceux-ci ne leur sont pas toujours adaptés selon leur état de santé.

De plus, la reproductibilité et la validité du SAPD (score de Dijon), ayant pour cible les personnes âgées en apparente bonne santé, ont été étudiées chez des sujets coronariens. Ce résultat soulève la question du développement de questionnaires

spécifiques à des pathologies ou à un groupe de pathologies en complément des questionnaires plus fréquemment utilisés que l'on pourrait qualifier de génériques.

Bien que les questionnaires d'activité physique intègrent parfois des questions relatives au comportement sédentaire, l'activité physique et la sédentarité sont aujourd'hui reconnus comme deux comportements distincts ayant chacun des effets indépendants sur la santé [14], ce qui justifie le développement de mesures spécifiques. Comme pour la mesure de l'activité physique, la mesure de la sédentarité est réalisée au moyen de questionnaires et de détecteurs de mouvements. À notre connaissance, il n'existe pas de questionnaire spécifique de mesure de la sédentarité disponible en langue française dont les propriétés psychométriques aient été étudiées.[22]

Dans notre étude on avait utilisé Le questionnaire mondial de la pratique d'activité physique GPAQ ( Global physical activity questionnaire) (voir annexe 2) : Publié en 2006 par (Armstrong and Bull).Ce questionnaire a l'avantage de permettre de calculer des indicateurs selon le contexte de pratique (loisir, occupation, transport, domestique) qui apparaît comme une variable essentielle en terme d'impact sur la santé [27].

Une étude faite en 2009[28] sur la validité et la rentabilité du questionnaire GPAQ dans 9 pays a l'aide d'une mesure objective et en comparaison avec le score IPAQ qui a conclu que le GPAQ est un instrument approprié et acceptable pour surveiller l'activité physique et que sans utilisation dans d'autres pays est garanti.

Une autre étude qui a été faite en 2014[29] sur la validité de GPAQ à l'aide d'une mesure objective (l'accéléromètre) qui avait conclu que le questionnaire GPAQ permet une mesure appropriée pour évaluer l'efficacité des interventions visant à promouvoir l'activité physique.

Le questionnaire GPAQ est un des rares questionnaires ayant fait l'objet de traduction-adaptation en plusieurs langues, [10] y compris la langue arabe (voir annexe 3).

**Tableau V: Description des questionnaires de mesure de l'activité physique disponibles  
en langue française, en France [22]**

| Questionnaire (nom abrégé)                                                               | Étude des propriétés psychométriques                                                                                                                       | Commentaires                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Questionnaire d'activité physique de Saint-Étienne (QAPSE)[30]                           | Reproductibilité<br>Validité (versus calories ingérées et VO2max)                                                                                          | Le QAPSE a servi de base au développement du logiciel PAQAP (questionnaire informatisé)                                                                                                                              |
| Quantification de l'activité physique (QUANTAP) [31]                                     | Reproductibilité intra- et inter-observateur<br>Validité (dépense énergétique calculée versus dépense énergétique attendue et pourcentage de masse grasse) | Questionnaire assisté par ordinateur — Logiciel QUANTAP                                                                                                                                                              |
| Score d'activité physique de Dijon (SAPD) [32]                                           | Reproductibilité<br>Validité (versus VO2max et puissance maximale)                                                                                         | 2e validation chez des sujets coronariens<br>Effet plafond du score                                                                                                                                                  |
| Questionnaire sur l'activité quotidienne dans l'insuffisance cardiaque (DAQIHF) [33]     | Reproductibilité<br>Validité (versus VO2max)                                                                                                               | Étude de la sensibilité du questionnaire                                                                                                                                                                             |
| Questionnaire de mesure de l'activité physique chez l'enfant—semaine (QAPE-semaine) [34] | Reproductibilité<br>Validité (versus QAPE-hier)                                                                                                            | Au moment de la construction du questionnaire, le samedi matin était un jour d'école et le calcul du score intègre cette demi-journée.<br>Étude de la validité perçue et de l'acceptabilité (scores manquants < 3 %) |
| Questionnaire d'activité physique pour les personnes âgées (QAPPA) [35]                  | Reproductibilité<br>Validité (versus IPAQ)                                                                                                                 | Le calcul du score est basé sur les recommandations d'AP de 2007                                                                                                                                                     |
| Questionnaire de Baecke [36]                                                             | Reproductibilité<br>Validité (versus masse grasse, VO2max, endurance musculaire)                                                                           | Étude de la validité de construit 5 questions dans la version française de 1992 [56] (au lieu de 16 dans la version originale) version française modifiée et logiciel APAQ 2011                                      |
| Modifiable Activity Questionnaire (MAQ) [37]                                             | Reproductibilité Version auto-administrée ou                                                                                                               | Version auto-administrée ou administrée par entretien                                                                                                                                                                |
| Questionnaire de Huet[38]                                                                | Reproductibilité<br>Validité (versus VO2max)                                                                                                               | Questionnaire développé au Canada en 1986 mais non publié                                                                                                                                                            |
| International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) [39,40, 41]                         | Reproductibilité<br>Validité (versus podomètre)                                                                                                            | Versions courte et longue, auto-administrées ou administrées par entretien<br>Étude de validation chez des patients atteints de diabète de type 2                                                                    |

### Observation :

L'observation directe du comportement par des observateurs est une méthode de mesure de l'activité physique qui nécessite la présence de l'observateur sur le terrain.

L'observation indirecte consiste à enregistrer les comportements des personnes puis à les visionner. Dans les deux cas, l'observation est menée par des observateurs qui utilisent des grilles pour relever les activités du sujet et les éléments qui s'y rapportent. Elle permet de caractériser l'activité physique et de quantifier les différents paramètres qui s'y rapportent.

L'observation peut porter sur l'activité physique dans son ensemble ou sur un aspect spécifique du mouvement (partie du corps, nombre de mouvements...). [16]

Cette technique est plus particulièrement utilisée chez les enfants du fait de la difficulté à utiliser d'autres méthodes dans cette population mais n'est pas utilisée dans les enquêtes épidémiologiques.[12,42]

### Journal/Log :

Le journal ou le log est une méthode déclarative qui consiste en un relevé régulier de l'activité physique par le sujet lui-même sur un formulaire préparé à l'avance [12 ,17]. Le journal fournit un compte-rendu détaillé de toutes les activités physiques d'une journée alors que le log est un recueil continu de la participation du sujet à certaines activités physiques ; l'heure de début et de fin d'activité étant relevée au moment ou peu de temps après l'arrêt de l'activité physique. Le log diffère du journal par le fait que toutes les activités de la journée ne sont pas reportées. Le journal est rarement utilisé comme instrument de mesure seul mais plus fréquemment en complément d'une autre méthode. Cette méthode nécessite une bonne coopération des sujets et est inappropriée chez les enfants voire chez certaines personnes âgées.

Ses atouts sont : son faible coût et la possibilité de relever des données chez un grand nombre de sujets en même temps [16]

#### Podomètre :

La marche étant l'activité physique de la vie quotidienne la plus fréquente, le podomètre, qui mesure le nombre de pas effectués, est un outil complémentaire d'autant plus utile que les activités de la vie quotidienne sont souvent difficiles à quantifier [43]. Les équivalences proposées récemment permettent de traduire le nombre de pas en durée quotidienne d'activités (*tableau VI*) [44].

En permettant au patient d'auto-évaluer le nombre de pas effectués quotidiennement, le podomètre peut de plus l'aider à fixer des objectifs réalistes et constituer un élément de motivation. Une augmentation par étapes de l'ordre de 500 pas/jour peut être proposée [43].

Le nombre de pas peut être converti en une distance, voire en une dépense énergétique si des paramètres sont renseignés dans l'appareil (longueur du pas moyen, sexe, âge, poids). Le podomètre fournit une estimation satisfaisante de l'activité physique si les mouvements coïncident avec les déplacements verticaux du centre de gravité du corps (marche, course, saut, mais aussi mouvements parasites). Tout mouvement dans le plan vertical (comme se lever d'une chaise) peut éventuellement être détecté et compté pour un pas selon le seuil de réglage du podomètre. Une mauvaise reproductibilité a été observée pour des vitesses lentes à cause d'un défaut de sensibilité. [12,42].

L'activité physique ne se limite pas à la marche ou à l'activité des membres inférieurs ce qui peut restreindre l'utilisation de cet appareil. Mais du fait que la marche et la course représentent une part importante de notre activité, le podomètre reste valable pour estimer la quantité totale de mouvements quotidiens. [10]



Exemple d'une montre podomètre

Tableau VI : équivalence éducative entre le nombre de pas par jour et la durée(en minutes) des activités [44]

| Niveau d'activité physique-objectif                                | Nombre de pas /jour | Min/jour d'activité modérée |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Inactivité importante                                              | < 3000              | 0                           |
| Activité faible                                                    | 3000-6000           | 15                          |
| Recommandations d'activité physique<br>Pour la population générale | $\geq 10000$        | 30                          |

### Accéléromètre

L'accéléromètre est un appareil porté pour enregistrer les accélérations et les décélérations occasionnées par les mouvements du sujet. L'accélération peut être mesurée dans un plan ou plusieurs plans.

Les accéléromètres unis axiaux détectent les mouvements dans le plan vertical, ils peuvent être imprécis pour les activités avec des mouvements statiques du tronc comme faire du vélo et ramer. Les accéléromètres triaxiaux sont capables de détecter les mouvements dans trois plans (vertical, médio-latéral et antéropostérieur), mais ils peuvent être sensibles aux vibrations, comme par exemple celles occasionnées en voiture [12,42].



L'accélération de la masse corporelle et/ou des membres étant proportionnelle à la dépense énergétique, l'accéléromètre est également utilisé pour estimer une dépense énergétique liée à l'activité physique à partir d'équations préétablies intégrant les caractéristiques du sujet.

L'accéléromètre permet d'obtenir une mesure valide de l'activité physique mais l'estimation de la dépense énergétique est moins précise avec la possibilité de sous-estimation de la dépense énergétique pour des intensités basses et de surestimation pour des intensités plus élevées, de surestimation du coût énergétique de la marche et de sous-estimation de celui des autres activités du fait de l'incapacité à détecter les mouvements des bras ou de conditions incompatibles (natation) [12, 16].

Les accéléromètres diffèrent par la sensibilité au mouvement et la manière dont le mouvement est enregistré et traité par l'appareil.

L'appareil peut se porter au niveau de la hanche, du bas du dos ou de la cheville selon les modèles. Une période d'enregistrement de 3 à 5 jours, à raison d'un minimum de 10 h par jour, est nécessaire pour estimer le niveau habituel d'activité physique, 7 jours étant l'idéal.

L'utilisation simultanée d'un journal ou d'un rappel d'activité pour relever les activités permet d'augmenter la précision de la mesure [10,12].

### b. Méthodes de mesure de la dépense énergétique :

Les méthodes de mesure de la dépense énergétique incluent essentiellement la calorimétrie directe, la calorimétrie indirecte et la fréquence cardiaque .

#### Calorimétrie directe :

La calorimétrie directe repose sur la mesure de la production de chaleur. La quantification des composants de la perte de chaleur dans une chambre calorimétrique (enceinte hermétique) permet de calculer la dépense énergétique associée à partir du principe d'égalité entre production de chaleur et dépense énergétique [42].

Cette méthode précise permet de calculer la dépense énergétique globale sans limitation d'activités ou d'intensités, mais le peu d'équipements disponibles et le coût de la calorimétrie en font une méthode peu utilisée. Il est de plus très difficile de reproduire la complexité des activités dans lesquelles les sujets s'engagent dans la vie courante [12]

#### Calorimétrie indirecte :

Cette méthode inclut à la fois l'eau doublement marquée et la consommation d'oxygène [42]

La méthode de l'eau doublement marquée est reconnue comme critère de référence pour l'évaluation de la dépense énergétique en situation réelle et la validation d'autres méthodes de mesure de la dépense énergétique liée à l'activité physique.

Le principe de l'eau doublement marquée consiste à déterminer la production de dioxyde de carbone en mesurant la différence d'élimination d'isotopes stables marqués (deutérium et oxygène-18) à partir de l'eau corporelle totale. Le sujet ingère de l'eau contenant une concentration connue d'isotopes d'hydrogène (deutérium) et d'oxygène (oxygène-18) dont la quantité dépend de sa masse corporelle. Les isotopes se mélangent à l'eau corporelle et sont éliminés en quelques jours dans les fluides

corporels. L'hydrogène marqué est éliminé du corps sous forme d'eau (urines principalement, sueur, respiration) et l'oxygène marqué est éliminé sous forme d'eau et de dioxyde de carbone. Le métabolisme de l'eau corporelle est estimé en mesurant quotidiennement la concentration de deutérium dans des échantillons d'urine ou de salive. La différence de taux d'excrétion entre les traceurs, déterminé au moyen d'un spectromètre de masse, reflète le volume de dioxyde de carbone produit pendant la période d'observation (3 semaines maximum).

La précision et la nature non invasive de cette méthode en font un outil idéal pour l'étude du métabolisme énergétique chez l'Homme. Elle permet de calculer une dépense énergétique globale sur une période de temps déterminée mais ne permet pas de connaître la quantité d'énergie dépensée sur des périodes plus brèves à l'intérieur de cette période de temps. Le type d'activité pratiquée n'est pas pris en compte et doit être relevé séparément. La dépense énergétique liée à l'activité physique peut être estimée en faisant la différence entre la dépense énergétique totale, le métabolisme de repos, et la thermogenèse alimentaire.

Pour la mesure de la consommation d'oxygène, le postulat de départ est que les échanges gazeux pulmonaires en oxygène et en dioxyde de carbone sont essentiellement fonction de leur utilisation ou libération par les tissus au cours de l'effort. L'évaluation de la dépense énergétique au moyen de mesures respiratoires est fondée sur la relation existant entre la consommation d'oxygène et le coût énergétique de l'oxydation des substrats énergétiques.

La consommation maximale d'oxygène, appelée  $VO_2$  max, représente la quantité maximale d'oxygène que l'organisme peut prélever, transporter, et consommer par unité de temps ( $ml/kg/min$ ) ; plus elle est élevée, plus grande est l'endurance.

L'utilisation de la consommation d'oxygène pour quantifier la dépense énergétique dans des études de population est limitée pour plusieurs raisons : coûts,

matériel encombrant et important malgré les matériels portables, manque de validité et de reproductibilité bien établi dans des contextes de terrain variés.

La mesure de la consommation d'oxygène a par contre pleinement son intérêt dans l'évaluation et le suivi de la condition physique des sportifs et a encore d'autres applications dans la pathologie telle que l'insuffisance cardiaque [16].



#### Méthode de mesure de l'activité physique par calorimétrie indirecte

##### Cardio-Fréquencemètre :

La fréquence cardiaque est un paramètre physiologique communément utilisé comme une méthode objective de mesure de la dépense énergétique. [42]

La dépense énergétique est déterminée individuellement à partir d'équations de régressions établies en mesurant simultanément la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque au repos et au cours d'exercices de différents niveaux.

L'utilisation de la fréquence cardiaque pour estimer la dépense énergétique repose sur le postulat que la fréquence cardiaque est directement liée à la consommation d'oxygène.

La nécessité de développer de nouvelles courbes de calibration individuelle fréquence cardiaque-consommation d'oxygène et les facteurs pouvant affecter la fréquence cardiaque (stress, température corporelle, prise de médicaments...) font de l'enregistrement de la fréquence cardiaque une méthode moins adaptée à des recherches liées à la santé que pour l'entraînement sportif par exemple .

Cependant, la fréquence cardiaque peut être utile dans une approche intégrant plusieurs méthodes. L'utilisation de ce paramètre combiné avec un accéléromètre donne des résultats intéressants [10].



### Mesure de l'activité physique par cardio -fréquencemètre

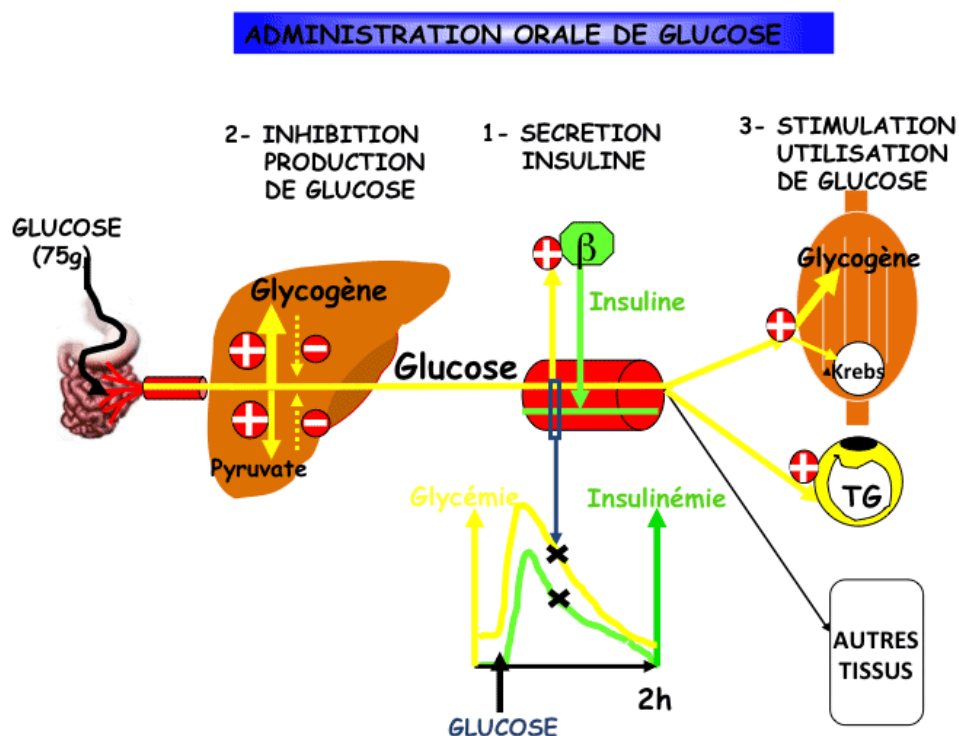
Le Tableau VII : les atouts et limites de la fréquence cardiaque pour la mesure de la dépense énergétique. [16]

| Atouts                       | Limites                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Faible coût<br>Acceptabilité | Nécessité de définir la relation entre la fréquence cardiaque et la dépense énergétique pour chaque sujet ce qui implique le recours à la calorimétrie indirecte<br>Facteurs intrinsèques et extrinsèques de variation de la fréquence cardiaque sans modification de la dépense énergétique<br>Pas d'informations sur les caractéristiques de l'activité physique |

## II- Diabète de type 2 et activité physique

### 1. Etat des lieux des connaissances, bases physiologiques

Le muscle est la plaque tournante du métabolisme énergétique, son volume et son activité conditionnent la prévention des maladies métaboliques. La contrainte métabolique joue un rôle majeur dans l'utilisation du glucose. En effet, le muscle représente le principal compartiment d'utilisation du glucose, en conséquence il est l'acteur déterminant de la régulation de l'homéostasie glucidique [10]



## 2. Effets d'une session d'activité physique sur l'homéostasie glucidique

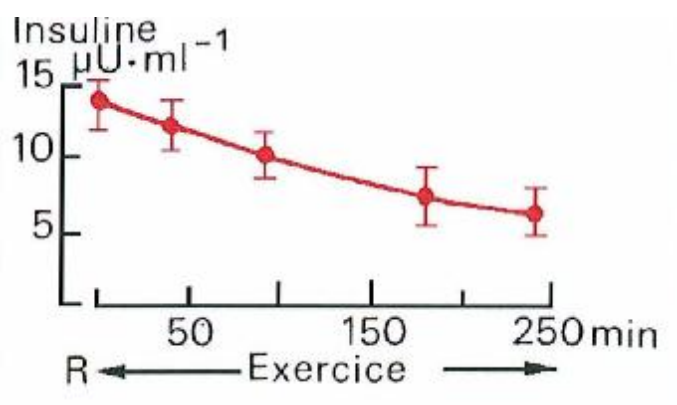
Une simple session d'exercice (que le sujet soit entraîné ou non) à des effets bénéfiques sur l'homéostasie glucidique. Les effets bénéfiques s'observent pendant l'exercice et en phase de récupération de cet exercice (dans les heures qui suivent l'arrêt de cet exercice) [10]. Cependant, les mécanismes impliqués dans ces effets de l'exercice sur l'homéostasie glucidique sont différents : augmentation du débit vasculaire, augmentation de la synthèse de glycogène induite par l'insuline et augmentation du nombre des transporteurs de glucose Glut4 [1]

### a. Au cours de l'exercice

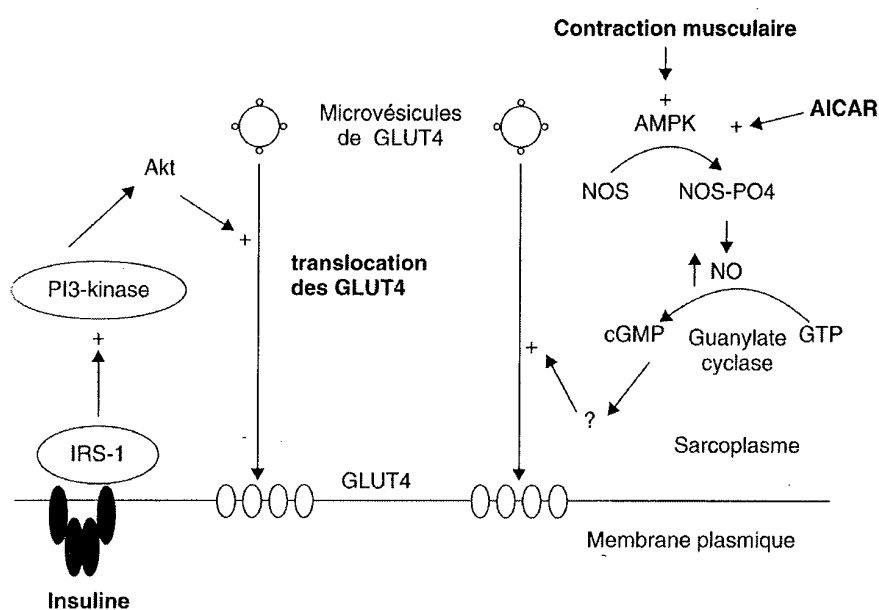
L'exercice musculaire augmente la captation musculaire de glucose chez le sujet sain comme chez le diabétique de type 2. [13 ,44] En effet, chez le sujet sain, cette augmentation survient alors que la concentration plasmatique d'insuline diminue illustrant ainsi l'augmentation de la sensibilité à l'insuline au cours de l'effort (figure 24).

De nombreuses études réalisées chez l'Homme et l'animal ont permis de montrer que la contraction musculaire stimulait le transport de glucose musculaire selon un mécanisme indépendant de l'insuline [45] .

Ces effets s'expliquent par l' expression accrue de la protéine Glut4 au cours de la contraction musculaire, semble être due à l'activation de l'AMP – Activated protéine Kinase (AMPK) et ce indépendamment de l'insuline. Cette enzyme une fois activée, entraîne une cascade de réactions chimiques qui permet la translocation d'un stock spécifique de transporteur Glut4 vers la membrane plasmique de la cellule musculaire facilitant ainsi la pénétration du glucose (figure 25) [44].



**Figure 24 :** Durée de l'exercice et concentration plasmatique d'insuline. Effet d'un exercice de 250 minutes après une période de repos.[47]



**Figure 25 :** Mécanisme d'action schématique du transport musculaire de glucose pendant l'activité physique [48]



### *b. Durant la période post-exercice :*

Elle est caractérisée par une augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline. Ainsi, une augmentation de la captation du glucose en réponse à l'insuline est observée pendant plusieurs heures après l'arrêt d'une simple séance d'exercice (quel que soit le type d'exercice : endurance, exercice contre résistance), chez le sujet sain comme chez le diabétique de type 2.

Ce phénomène est localisé aux seuls muscles mobilisés pendant l'exercice et dépend en partie de l'importance de la déplétion en glycogène. [47 ,48]

## 3. Effets de l'entraînement sur le métabolisme glucidique

Il est bien établi que l'entraînement en endurance augmente la sensibilité à l'insuline chez le sujet sain ou insulino-résistant, normoglycémique ou diabétique de type 2. Ces données ont été obtenues en comparant des sujets sédentaires à des sujets entraînés en endurance ou dans les études d'intervention. chez les mêmes sujets avant et après 6 semaines d'entraînement en endurance est augmentée de 30 % à 40 %. Cet effet s'observe 48 à 72 h après la dernière session d'exercice, ce qui permet d'exclure un effet aigu du dernier exercice réalisé.

L'entraînement produit de multiples effets sur le métabolisme du glucose : augmentation de la signalisation post-récepteur de l'insuline, de l'expression de GLUT-4 (d'où augmentation du transport du glucose), de la capacité oxydative du muscle, dans la quantité de glucose et d'insuline délivrée au muscle par augmentation de la densité capillaire et de la vasodilatation NO-dépendante, réduction de la production hépatique de glucose et changements de la composition musculaire (augmentation de la proportion de fibres oxydatives de type I).

L'entraînement en résistance augmente la masse musculaire et donc la capacité totale d'utilisation du glucose [49].

#### 4.Effets de l'activité physique sur la prévention du diabète de type 2

L'activité physique représente une modification du mode vie efficace pour prévenir la survenue d'un DT2 chez des sujets a risques (intolérants au glucose).

Les cinq études prospectives interventionnelles actuellement disponibles ont confirmé le rôle majeur de l'activité physique dans la prévention du diabète de type 2 dans les populations a risque. [50]

Ces effets bénéfiques persistent longtemps après la période d'intervention,

Comme cela est montré dans un suivi fait par l'équipe finlandaise FDPS (*Finnish diabetes prevention study*) [51] et par Les résultats à 20 ans de la première grande étude épidémiologique chinoise, Da Qing diabetes prevention study [52].

Les données issues des Indiens Pima vivant au Mexique, comparativement a ceux vivant aux Etats-Unis (en Arizona)[53] , suggèrent que l'activité physique est associée a une plus faible prévalence du diabète de type 2 chez des individus a forte prédisposition génétique.

**Tableau VIII : Principales caractéristiques des études de prévention du diabète de type 2 par l'activité physique. [50]**

| Etude                                       | Nombre de sujets        | IMC (kg / m2) | Critère d'inclusion | Durée d'étude | Type d'activité physique | Incidence du diabète à la fin de l'étude (réduction du RR Dans le groupe E vs groupe T |
|---------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Pan, et al. [54]<br>(Da Qing, Chine)        | 577 H/F<br>(45 } 9 ans) | 26            | IG                  | 6             | Endurance                | T : 67,7 %<br>E : 46 %<br>(RR : -51 %)                                                 |
| Tuomilehto, et al. [55]<br>(FDPS, Finlande) | 522 H/F<br>(40-64 ans)  | 31            | IG                  | 3,2           | Endurance+<br>Résistance | T : 23 %<br>E : 11 %<br>(RR : -58 %)                                                   |
| Knowler, et al. [56]<br>(DPPS, Etats-Unis)  | 34                      | IG            |                     | 2,8           | Endurance                | T : 19,8 %<br>E : 14,3 %<br>(RR : -58 %)                                               |
| Kosaka, et al. [57] (Japon)                 | 24                      | IG            |                     | 4             | Endurance                | T : 9,3 %<br>E : 3 %<br>(RR : -67,4 %)                                                 |
| Ramachadran, et al. [58]<br>(IDPP, Inde)    | 26                      | IG            |                     | 3             | Endurance                | T : 55 %<br>E : 39,5 %<br>(RR : -28,2 %)                                               |

IMC : indice de masse corporelle ; H : hommes ; F : femmes ; IG : intolérance au glucose ; T : groupe témoin (conseils seuls) ; E : groupe exercice ;

RR : risque relatif.

FDPS : Finnish diabetes prevention study ; DPPS : Diabetes prevention program study ;

IDPP : Indian diabetes prevention program .

Il faut noter que dans toutes ces études (sauf la *Da Qing study*), les résultats portent sur les effets combines de l'activité physique et de la diététique

## 5. Effets sur la santé

### a. Effets de l'activité physique sur les maladies cardiovasculaires :

#### Effets en prévention primaire :

Les maladies cardiovasculaires athéromateuses restent la première cause de mortalité dans les pays développés. Il s'agit essentiellement des coronaropathies athéromateuses, de la cardiopathie ischémique et de l'artériopathie des membres inférieurs. Il existe une relation inverse, démontrée par des études épidémiologiques, entre l'intensité de l'activité physique et l'incidence de ces maladies cardiovasculaires athéromateuses (Morris et coll., 1980; Berlin et Colditz, 1990 ; Morris et coll., 1990 ; Haapanen et coll., 1997; Lee et Paffenbarger, 2000 ; Blair et Jackson, 2001 ; Noda et coll., 2005).

Cet impact de l'activité physique sur la morbi-mortalité cardiovasculaire n'est pas parfaitement expliqué car il est multifactoriel. Il repose en partie sur l'amélioration des anomalies physiopathologiques souvent liées aux affections athéromateuses et sur le meilleur contrôle des facteurs de risque cardiovasculaire avec pour résultante finale un ralentissement du processus athéromateux. D'ailleurs, la diminution de la mortalité est plus importante chez les sujets présentant le plus de facteurs de risque.

Compte tenu des effets démontrés, l'activité physique fait partie des principales préconisations faites par les sociétés savantes dans le cadre de la prévention primaire des maladies cardio et cérébro-vasculaires [16 ,59].

#### Effets sur l'hypertension artérielle :

L'effet bénéfique de l'activité physique régulière sur HTA est bien prouvé. En effet, de nombreuses études épidémiologiques transversales et prospectives ont montré une relation significativement inverse entre le niveau de pratique d'activité physique et la pression artérielle. Ainsi, une activité physique régulière pratiquée pendant quelques semaines induit une réduction des pressions artérielles,

systolique(PAS) et diastolique(PAD), d'en moyenne de 35, et 30 mmHg respectivement. Cet effet bénéfique est indépendant du sexe, de l'âge, de l'index de masse corporelle et du niveau de pression artérielle de base. Il est plus marqué chez les patients hypertendus que chez les sujets normotendus[60].

Toute activité physique quel que soit son type, endurance ou résistance, son intensité et sa durée a un effet hypotenseur aigu par la vasodilatation persistante qu'elle induit. Cependant cet effet est plus marqué avec les efforts d'endurance d'intensité et/ou de durée importantes.

La régularité de la pratique joue un rôle majeur et une activité physique d'intensité moyenne pratiquée 3 à 4 fois par semaine, est plus efficace pour abaisser les chiffres tensionnels qu'une activité intense réalisée une seule fois par semaine. Comme avec toute thérapeutique cet effet bénéfique disparaît rapidement après l'interruption de la pratique [61].

Une étude réalisée en 2008 qui avait comme objectif l'évaluation des effets aigus d'une seule séance d'exercice aérobique sur la pression artérielle des patients hypertendus traités à long terme qui avait montré une réduction de la tension artérielle post exercice de 24 heures chez les patients hypertendus, et une augmentation du pourcentage de patients atteignant des valeurs normales de pression artérielle. Ces effets de l'exercice aérobique peuvent avoir un rôle potentiel dans la gestion de la tension artérielle d'hypertendus traités à long terme [62].

Des méta-analyses faites en 2013 portant sur les effets de l'endurance, de la résistance dynamique, de l'entraînement combiné d'endurance et de résistance et de l'entraînement isométrique de résistance à la pression artérielle au repos chez les adultes a montré que l'endurance, la résistance dynamique et la résistance isométrique entraînent une baisse de la PAS et de la PAD, tandis que la formation combinée réduit seulement la PAD. Les données d'un petit nombre d'études sur la résistance

isométrique suggèrent que cette forme de présente le potentiel de réduction la plus importante de la PAS [63].

L'entraînement physique fait donc désormais partie des recommandations dans la prise en charge de l'hypertension, en association avec les traitements médicamenteux [64].

#### Effets sur la dyslipidémie :

L'étude STRRIDE[ 65] (Studies of Targeted Risk Reduction Interventions through Defined Exercise), réalisée aux Etats Unis, s'est fixée pour objectif d'analyser les effets de différents niveaux d'exercice physique sur les facteurs de risque cardiovasculaires chez des sujets en surcharge pondérale et présentant une dyslipidémie. Cette étude avait conclu que le niveau d'exercice le plus élevé correspondait à l'amélioration la plus marquée du profil lipoprotéique et, pour l'ensemble des variables mesurées, une activité même modérée se traduisait par une amélioration du profil lipoprotéique par rapport au groupe sédentaire. De plus, les effets bénéfiques étaient plus en relation avec la « quantité » d'exercice qu'avec son intensité.

Donc au total : L'activité physique entraîne une diminution des taux sériques des triglycérides, du LDL-cholestérol et une augmentation du HDL-cholestérol. Elle est donc recommandée pour la prise en charge thérapeutique des dyslipidémies par la Société Européenne de Cardiologie et la Société Européenne d'Athérosclérose [66].

#### Effets dans le cadre de coronaropathie :

L'activité physique régulière est associée à une diminution de la morbidité cardiovasculaire et de la mortalité chez les patients atteints de coronaropathie (Belardinelli et coll., 2001), chez qui l'activité physique devrait être intégrée dans les activités quotidiennes. Il y a chez ces patients la nécessité d'une évaluation à la fois de la capacité d'exercice et du risque associé à l'exercice. Les patients sédentaires

devraient être fortement encouragés à commencer un programme d'exercice physique d'intensité légère après stratification du risque en rapport avec l'exercice.

Chez les patients atteints de coronaropathie significative non candidats à la revascularisation, l'entraînement à l'exercice peut améliorer les symptômes et le pronostic [67].

Concernant la réadaptation à l'activité physique, une méta-analyse qui était fait en 2004 qui avait comme objectif la Révision de l'efficacité de la rééducation à l'activité physique chez les patients atteints de maladies coronariennes avait montré que la réadaptation cardiaque a été associée à une réduction de la mortalité toutes causes confondues et la mortalité cardiaque. Il n'y avait pas une différence significative sur l'incidence d'infarctus du myocarde et de revascularisation.

La qualité de vie liée à la santé s'est améliorée à des niveaux similaires avec la réadaptation cardiaque et les soins cardiaques habituels. L'effet de la rééducation cardiaque sur la mortalité totale était indépendant du diagnostic de cardiopathie coronarienne, du type de réadaptation, de l'intensité de l'exercice, de la durée du suivi, de la qualité de l'essai et de la date de publication du test [68].

Il existe aussi en prévention secondaire des maladies cardiovasculaires un seuil évalué à 50 % des capacités maximales – à partir duquel le niveau

d'activité physique va, par ses critères d'intensité d'exercices et de fréquence, agir positivement à la fois sur les capacités physiques et sur les facteurs de risque (Drygas et coll., 1988 ; Khol et coll., 2001 ; Duncan et coll., 2005)[16].

#### Effets sur l'insuffisance cardiaque chronique :

Selon la Société Française de Cardiologie (SFC), il faut inciter le patient, lorsque son état est stable, à effectuer des activités physiques quotidiennes et à pratiquer des activités de loisir qui ne déclenchent aucun symptôme afin d'éviter le

déconditionnement musculaire. Il sera incité à éviter les efforts épuisants et isométriques et tout sport de compétition et fatigant.

Les patients stables (classes II, III de la NYHA) seront incités à participer à des séances d'entraînement à l'effort. En pratique clinique, les causes de l'intolérance à l'effort dans l'insuffisance cardiaque sont multiples. Des modifications périphériques plus que la performance du ventricule gauche lui-même sont des déterminants importants de la capacité à l'effort

Plusieurs études cliniques de petite envergure et quelques essais randomisés ont montré qu'une activité physique régulière pouvait accroître la capacité à l'effort de 15 à 25 %, améliorer les symptômes et la qualité de vie perçue par les patients appartenant aux classes stables II et III de l'insuffisance cardiaque (Classe de recommandation I, niveau de preuve B). Aucun effet délétère significatif ni d'altération significative de l'état hémodynamique central n'ont été rapportés lors de l'entraînement physique.[69]

#### Effets sur l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs :

Une méta-analyse récente démontre qu'en cas de claudication des membres inférieurs, l'entraînement physique en endurance permet d'augmenter la distance de marche en moyenne de 150 %.(Leng,2004)voire de 180%(Gardner et Poehlmane, 1995)[70]. Cet impact est supérieur à celui d'une revascularisation (angioplastie, pontage), mais sans amélioration des pressions artérielles périphériques (Perkins,1996 ;Whymanet Ruckley 1998) .

Elle se traduit par une élévation du niveau d'activité et de la qualité de vie. Un meilleur contrôle des facteurs de risque est associé à cette augmentation des capacités physiques.



En revanche, les programmes d'entraînement doivent être prolongés au moins durant 6 mois, et au cours de l'activité de marche les patients doivent aller pour certains jusqu'à l'apparition des douleurs de claudication [10,16].

#### Effets sur les accidents vasculaires cérébraux :

Après un accident vasculaire cérébral à l'origine d'une hémiplégie, la pratique d'un entraînement physique fait partie de l'arsenal thérapeutique. En effet, il existe chez ces patients un déconditionnement à l'effort qui peut aggraver l'incapacité et qui peut être amélioré par l'entraînement (Meek et coll., 2003 ; van Peppen et coll., 2004).

Le renforcement musculaire peut faire partie d'un programme de rééducation, visant à une meilleure récupération fonctionnelle en luttant contre la perte de force musculaire (Bourbonnais et Vanden Noven, 1989). ---L'amélioration induite des capacités semble se maintenir à 1 an d'autant plus s'il s'agit d'un programme d'entraînement développé en centre de rééducation plutôt qu'à domicile.

Il existe une sensation d'amélioration fonctionnelle rapportée par les patients mais sans retentissement sur les capacités de marche, de montée d'escalier et de transferts (passage de la position assise à debout)( Ouelette et coll., 2004)[71] .

#### b. Effets de l'activité physique sur l'obésité :

L'augmentation généralisée de la prévalence de l'obésité a été qualifiée «d'épidémie » par l'OMS [72].

Dans le cadre de la prise en charge globale des patients obèses, l'activité physique participe au maintien du poids au décours d'une perte de poids initiale (Wing et Hill, 2001), par des mécanismes à la fois physiologiques et psychologiques. De plus, l'activité physique permet de réduire le risque cardiovasculaire, en partie indépendamment des variations de poids, et est associée à une augmentation de la qualité de vie.

Le maintien du poids ou la moindre reprise de poids après une perte de poids initiale représente un des intérêts majeurs de l'activité physique dans la prise en charge des patients obèses [16 ,73].

## 6. Les risques de l'activité physique sur la glycémie chez les patients

### DT2 :

#### a .Hypoglycémie et activité physique :

##### *Hypoglycémie au moment de l'AP*

Chez l'adulte, des hypoglycémies répétées en période de repos entraînent une baisse de la contre régulation en réponse à l'activité physique suivante et une augmentation du risque d'hypoglycémie.

En conséquence, deux à trois fois plus de glucose exogène peut être nécessaire pour maintenir la glycémie normale pendant un exercice qui suit une hypoglycémie [74].

Avec un supplément de glucides (solution de glucose à 6-8%) équivalent aux glucides consommés pendant l'exercice (environ 1 gramme de glucide par kilo et par heure), la baisse de la glycémie pouvait être prévenue au cours de l'exercice [75].

Les mesures pour éviter une hypoglycémie lors d'une activité physique seront traitées ultérieurement.

Une glycémie de sécurité  $> 1.20g$  avant, pendant et après l'exercice est souvent proposée chez les diabétiques sous insuline. [76]

##### *Hypoglycémie tardive*

Chez l'adulte, il a été montré que la réponse autonome et contre-régulatrice à l'hypoglycémie est diminuée, le jour suivant l'exercice, pour des activités physiques répétées d'intensité légère ou modérée.

Une hypoglycémie peut se produire plusieurs heures après un exercice, en particulier si elle a été prolongée et d'intensité modérée ou élevée, en raison de l'effet retardé de l'augmentation de la sensibilité à l'insuline et de la reconstitution des réserves de glycogène des muscles et du foie [76].

Une seule période d'activité physique peut augmenter le transport du glucose dans le muscle squelettique pendant au moins 16 heures après l'exercice, chez des sujets ayant ou non un diabète [77].

La surveillance de la glycémie en continu peut être un outil utile pour déterminer la réponse de la glycémie et le risque d'hypoglycémie pendant et après l'exercice [78].

#### Résumé des recommandations pour prévenir les hypoglycémies chez les diabétiques sous insuline pratiquant une activité physique [79]

- ü Atteindre un bon niveau d'équilibre métabolique : ni hyperglycémie ni cétonurie. Mesurer éventuellement la glycémie avant l'activité.
- ü Toujours avoir du sucre avec soi.
- ü Augmenter l'intensité et la durée de l'activité de façon progressive.
- ü Dans les heures avant l'exercice, prendre des glucides d'absorption lente pour reconstituer les réserves de glycogène des muscles et du foie.
- ü En cas d'activité physique imprévue, augmenter la consommation de glucose immédiatement avant, pendant et après l'activité.
- ü En cas d'activité physique prévue, diminuer la dose d'insuline pendant et après une activité musculaire intense.
- ü Ne pas injecter l'insuline dans une zone qui va participer de façon importante à l'activité musculaire.
- ü Quand l'activité physique est prévue au moment du pic d'action de l'insuline, une baisse sensible de la dose d'insuline est nécessaire.

- ü Si l'activité est de type endurance, être certain de boire de l'eau sucrée au glucose ou de consommer des glucides juste avant, pendant et après l'exercice.
- ü Mesurer la glycémie au coucher après une activité physique intense, pour éviter une hypoglycémie pendant la nuit.
- ü Evaluer l'effet de chaque modification de la dose d'insuline et des changements alimentaires.
- ü Apprendre aux personnes qui vous accompagnent les procédures et le traitement d'une hypoglycémie sévère.

#### b .Hyperglycémie avec cétose et activité physique

En cas de manque d'insuline, l'exercice physique ne fait pas baisser la glycémie, mais au contraire accentue l'hyperglycémie et augmente le risque d'acidocétose avec des conséquences qui peuvent être graves.

Dans des situations d'insuffisance en insuline, que ce soit dû à un mauvais équilibre glycémique ou une maladie intercurrente, toute activité physique peut être dangereuse parce que l'action des hormones de contre-régulation n'est pas inhibée.

Dans une étude chez des patients adultes, qui pratiquaient une activité physique avec une glycémie  $> 20$  mmol/ (2,60 g/l) et une cétonurie, la glycémie s'est élevée pendant 40 minutes.

La production rapide de corps cétoniques et la diminution de l'entrée de glucose dans les muscles entraînent non seulement une contre-performance, mais peuvent précipiter vers l'acidocétose. Donc il ne faut pas prendre part à une activité physique si la glycémie est élevée et si des corps cétoniques (un peu ou beaucoup) sont présents dans les urines ou si le niveau de bêta-hydroxybutyrate (BOHB, cétonémie) dans le sang est  $> 0,5$  mmol/.

C'est une fausse idée relativement fréquente qu'il n'y a pas besoin d'insuline quand un exercice prolongé va être pratiqué. Cela pourrait être une erreur dangereuse sauf si le besoin en insuline est couvert par une insuline d'action prolongée, et avec une surveillance extrêmement minutieuse.

En conclusion : il ne faut jamais entreprendre un effort si l'on manque d'insuline (glycémie > 2,50 g/l avec cétonurie ou cétonémie > 0,5mmol/l) en raison du risque d'évolution vers l'acidocétose [76,78 ,80].

### c . Facteurs affectant la réponse de la glycémie à l'exercice :

#### ü Durée et intensité :

Il est particulièrement important de planifier une activité physique aérobie intense ou de longue durée, sinon une hypoglycémie est pratiquement inévitable.

Presque toutes les activités qui durent plus de 30 minutes peuvent nécessiter des ajustements de l'alimentation et/ou de l'insuline.

Les périodes d'activité intense stimulent la libération de noradrénaline qui fait monter la glycémie.

Un exercice d'intensité modérée (40% de la VO<sub>2</sub> max), suivi d'un sprint d'intensité maximale sur une bicyclette, n'empêche que la glycémie continue à baisser pendant au moins 2 heures après l'exercice.

#### ü Type d'activités :

- Les efforts anaérobies durent peu de temps (parfois seulement quelques secondes), mais ils peuvent faire beaucoup monter la glycémie du fait de la libération d'adrénaline et de glucagon. Cette élévation de la glycémie est généralement transitoire (30-60 minutes) et peut être suivie d'une hypoglycémie dans les heures qui suivent la fin de l'exercice.
- Les activités aérobies tendent à faire baisser la glycémie à la fois pendant (en général après 20-60 minutes) et après l'exercice .

Les sports ont des spécificités propres malgré une intensité d'exercice similaire.

#### ü Equilibre métabolique :

Quand l'équilibre métabolique est mauvais et que la glycémie avant l'exercice est élevée, les niveaux d'insuline peuvent être inappropriés et l'effet des hormones de la contre-régulation sera accru, entraînant un risque plus élevé de cétose.

#### ü Type et heure des injections d'insuline :

Quand de l'insuline ordinaire (soluble) a été injectée avant une activité physique, le moment le plus probable pour une hypoglycémie est 2-3h après l'injection, alors que le moment le plus à risque avec un analogue rapide se situe entre 40 et 90 min . Il n'y a pas d'étude sur l'heure des insulines basales (NPH, glargine ou detemir) et l'exercice.

En cas de compétition le matin ou toute la journée, une insuline basale d'action lente injectée une fois par jour le soir, peut être remplacée par une insuline d'action plus courte (NPH) pour diminuer l'effet de l'insuline basale le jour suivant, au moment de l'exercice [76].

#### ü Type et heure des repas :

Les réserves de glycogène peuvent être augmentées par la prise d'une boisson glucidique (1-2 g de glucides/kg) environ 1h avant, ce qui aide aussi à compléter les réserves d'énergie et est un apport liquidien pour l'hydratation [81].

Si un supplément de glucides est nécessaire pour une activité de courte durée, il peut alors être utile d'avoir des glucides « d'action rapide » sous forme de boisson. Une boisson isotonique contenant 6% de sucre simple (c.à.d. saccharose, fructose, glucose) donne une absorption optimale, comparé à d'autres boissons plus concentrées à plus de 8% de glucose, comme les jus de fruit ou les boissons gazeuses qui retardent l'absorption et provoquent des troubles gastriques.

En général, environ 1,0-1,5 g de glucides/kg de poids/heure devraient être consommés pendant une activité physique, au moment du pic d'action de l'insuline, chez les jeunes adultes qui ont un diabète, en fonction du type d'activité. Les besoins sont plus faibles si le bolus du repas avant l'exercice est diminué, ou si l'exercice est pratiqué plusieurs heures après l'injection.

Un supplément de glucides, avec des ajustements des doses d'insuline, sont particulièrement importants lorsque l'exercice ne dure pas plus de 60 min.

Comme la sensibilité à l'insuline reste élevée pendant des heures après l'exercice, les réserves en glucides doivent être remplies rapidement pour diminuer le risque d'hypoglycémie pendant les premières heures après l'activité (reprise de glucides).

Des activités anaérobies de courte durée et d'intensité élevée (haltérophilie, sprints, plongée et baseball) peuvent ne pas nécessiter d'apport en glucides avant l'exercice, mais peuvent entraîner une chute retardée de la glycémie. Pour ce type d'activités, un complément de glucides après l'exercice est souvent la meilleure option pour prévenir l'hypoglycémie

Des activités aérobies plus longues et d'intensité plus faible comme le football (souvent décrit comme un mélange d'exercice aérobic et anaérobic), le cyclisme, la course à pied et la natation, nécessiteront un supplément de glucides avant, peut-être pendant et souvent après l'activité.

Actuellement, il n'y a aucune recommandation basée sur les preuves concernant la quantité et le moment de prendre des suppléments de glucides pour limiter les hypoglycémies après l'exercice. Cependant, une baisse de l'insuline basale, des collations à faible index glycémique (sans bolus), ou une baisse des bolus aux repas après l'exercice, résoudront généralement le problème.

Une collation contenant des glucides complexes, des graisses et des protéines, au coucher, peut limiter les hypoglycémies dues à l'activité de la journée.

#### ü Absorption de l'insuline :

##### Choix de la zone d'injection :

Si l'injection d'insuline est faite sur le bras ou la cuisse, avant qu'une activité physique intense les sollicite, l'augmentation du flux sanguin dans les membres peut accélérer l'absorption et l'action métabolique de l'insuline. [69] Cela peut être particulièrement marqué si la zone d'injection est hypertrophiée. Ainsi, un cycliste peut avoir une réponse moins variable de la glycémie en choisissant d'injecter l'insuline dans les bras ou l'abdomen plutôt que dans la cuisse avant une course.

##### Température ambiante :

Une température élevée augmente l'absorption de l'insuline et une température basse la diminue.

Dans ce dernier cas, il faut en tenir compte si on nage sur une longue distance. La plupart des études sur l'absorption ont été faites avec de l'insuline ordinaire. Les effets sont moins prononcés avec des analogues rapides.

Un exercice intense de 30 minutes n'augmente pas la vitesse d'absorption de la glargine chez les adultes qui ont un diabète.

La chaleur ajoute aussi du stress sur le système cardiovasculaire, entraînant une dépense en énergie plus importante et un risque de baisse plus rapide de la glycémie. [76,78]



### ü Masse musculaire/nombre de muscles sollicités au cours d'un exercice :

Plus on fait travailler de muscles, plus la glycémie baisse, et les activités où l'on porte des poids ont tendance à dépenser plus d'énergie que les autres.

### ü Mise en forme

Des patients rapportent souvent que la baisse de la glycémie peut être moins importante avec un entraînement et une pratique régulière du sport, bien qu'aucune preuve expérimentale n'ait testé. Cette hypothèse peut être justifiée par une plus grande efficacité de l'exercice après une période d'entraînement.

### ü Degré de stress/compétition :

La réponse de l'adrénaline fait monter la glycémie. Alors que les sportifs font face aux hypoglycémies pendant les entraînements, ils décrivent plutôt des hyperglycémies lors des compétitions.

### ü Heure de l'activité physique :

Une activité physique pratiquée le matin, avant l'injection d'insuline, peut ne pas entraîner une hypoglycémie car les concentrations d'insuline sont basses et les hormones de la contre-régulation peuvent être élevées [76].

## 7. Activité physique et insuline :

### a .Choix du traitement par l'insuline :

Pour la plupart des patients, le choix du traitement par l'insuline n'est pas très influencé par leurs habitudes sportives.

Cependant, pour ceux qui ont une activité régulière, les injections quotidiennes multiples ou la pompe peuvent être envisagées pour permettre d'adapter les apports en insuline avant et après l'activité.

Il peut être difficile de garder un équilibre glycémique très strict avec des schémas en deux injections, en particulier si les niveaux d'exercice varient sur la semaine. Il est possible d'apporter des glucides de manière adaptée, avant, pendant et/ou après l'exercice dans ce type de schéma. [65]

Les schémas basal-bolus et les pompes offrent une plus grande flexibilité pour les entraînements soutenus ou les compétitions.

Les bolus et les débits de base peuvent être diminués, avant, pendant et après l'exercice, pour laisser la production hépatique de glucose augmenter et éviter l'hypoglycémie [67].

### b.Ajustements de l'insuline :

comme l'hypoglycémie est moins courante durant l'exercice chez les personnes atteintes du DT2 que les personnes atteintes de DT1, la consommation de glucides avant, pendant et après des périodes d'exercice modérée d'une durée inférieure à 90 min n'est habituellement pas nécessaires .

Une surveillance attentive et des ajustements à partir de l'expérience sont essentiels.

Certaines personnes trouvent que baisser leur dose d'insuline avant les repas peut entraîner une augmentation initiale de la glycémie qui altère leurs performances.

Dans ce cas, il vaut mieux compter sur un apport supplémentaire de glucides plutôt que diminuer l'insuline, pour avoir de meilleures performances.

Pour une activité physique pratiquée le soir, il peut être raisonnable de diminuer l'analogue rapide avant le dîner, et de prendre 10-15 grammes de glucides d'absorption rapide avant l'exercice.

Il est prudent de donner des conseils sur la diminution de l'insuline (ex. réduction de l'insuline basale/prolongée de la nuit, ou du débit de base de la pompe ou des bolus du repas suivant), et/ou sur la prise de collations supplémentaires à faible index glycémique. [65]

Avec des activités inhabituelles ou qui durent toute la journée comme les camps, les longues randonnées, le ski, les sports aquatiques etc., il faut envisager de réduire de 30-50% l'insuline d'action prolongée la nuit avant et le jour de l'exercice, ou de 30-50% l'insuline basale de la pompe sur toute la journée et la nuit qui suit l'activité. Les parcs d'attractions et de divertissements, avec leurs émotions fortes, peuvent plus vraisemblablement faire monter la glycémie du fait de l'adrénaline [76,78 ,82].

Tableau IX : Durée de l'exercice et diminution recommandée de la dose d'insuline[76]

| Intensité de l'exercice   | <u>30 minutes</u> | <u>60 minutes</u> |
|---------------------------|-------------------|-------------------|
| Faible (~25% du VO2 max)  | 25%               | 50%               |
| Modérée (~50% du VO2 max) | 50%               | 75%               |
| Forte (~75% du VO2 max)   | 75%               | -                 |

Note: % du VO2 max = pourcentage de la capacité aérobie maximale.

A noter que cette étude a été faite chez l'adulte et n'a pas pris en compte l'effet de l'apport d'un Supplément de glucides avant ou pendant l'exercice. De plus, les ajustements étaient aussi associés à une augmentation des hyperglycémies avant et après l'exercice [67].

### c.Pompe à insuline

L'utilisation du traitement par pompe externe chez les patients ayant un diabète de type 2 est beaucoup plus récente et la valeur de ces recommandations est tempérée par une expérience beaucoup plus limitée, parmi ces recommandations on trouve les diabétiques type 2 sous insuline ayant un niveau d'activité élevé [83].

Pour certains types d'exercices (comme les sports de contact), il peut être opportun de déconnecter la pompe à insuline avant le début de l'activité et de la garder déconnectée 1-2 heures pendant l'exercice.

Dans cette situation, les patients peuvent avoir besoin d'un bolus de correction de 50% par la suite (ex. 50% de l'insuline basale manquée pendant l'arrêt de la pompe) si nécessaire, pour limiter l'hyperglycémie qui peut en résulter après l'exercice.

Pour obtenir une baisse significative de l'effet de l'insuline basale au cours de l'exercice, la pompe doit être déconnectée au moins 90 minutes avant de commencer l'exercice, mais de nombreux centres recommandent de ne pas la déconnecter pendant plus de 2 heures.

L'option la plus sûre peut être d'établir un débit basal temporaire de 50%, 90 minutes avant l'activité et jusqu'à la fin de celle-ci.

Même si la pompe est retirée pendant l'exercice, une hypoglycémie peut encore se produire plusieurs heures après.

Même si la glycémie avant l'activité était normale, une hyperglycémie peut durer pendant 2 heures après l'exercice chez des patients traités par la pompe. Cette réaction peut être exagérée si la pompe a été déconnectée pendant l'exercice. La montée de la glycémie peut être évitée en donnant une petite dose supplémentaire d'analogue rapide au milieu ou immédiatement après l'exercice [76,84].

## 8. Interactions médicaments et activité physique :

### a .Sulfamides hypoglycémians (SH) :

Sont capables d'induire une hypoglycémie lors de l'exercice lorsque les patients sont bien équilibrés et que l'exercice est de durée prolongée (> 60 minutes). Dans ces cas particuliers (patients bien équilibrés pratiquant de façon régulière l'activité physique), un ajustement des doses peut parfois être nécessaire, avec une diminution de la posologie (voire un arrêt) du SH précédant l'exercice.

Il faut surtout surveiller la glycémie de début et de fin d'exercice (et rajouter une collation de 20 grammes de glucides si la glycémie au cours, ou en fin d'exercice, est < 0,80 g/l)[85].

### b .Les glinides :

Le risque hypoglycémique lié à l'utilisation des glinides semblerait plus faible que celui associé aux SH, car ces molécules ont un effet plus rapide, plus bref et un pouvoir hypoglycémiant plus faible que les SH. Néanmoins, en l'absence de données objectives, la prudence s'impose et il est donc conseillé de réduire la posologie avant un exercice. [86].

### c .Autres :

La diminution de la posologie des biguanides, des inhibiteurs de l'alpha glucosidase (acarbose, miglitol) et des médicaments dits « incrétines » (agonistes du glucagon-like peptide-1 [GLP-1] et inhibiteurs de la dipeptidyl peptidase IV [DPP-4]) n'est pas nécessaire, car il s'agit de molécules n'induisant aucun risque hypoglycémique.

Il est, par ailleurs, possible qu'une diminution des antidiabétiques oraux soit nécessaire après un certain temps, lorsque l'entraînement est efficace sur le contrôle métabolique [85,87].

## 9. Effets d'une activité physique régulière sur le contrôle glycémique des patients diabétiques de type 2 :

L'équilibre glycémique est amélioré par l'entraînement aérobique mais sans effet dose-réponse. Il l'est également par le renforcement musculaire contre résistance [10].

Au cours du diabète non insulino-dépendant, l'exercice physique régulier favorise l'équilibre glycémique et entraîne une diminution de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) de 0,66 %, indépendamment des variations de poids. Cette amélioration est considérée comme suffisamment importante pour réduire la fréquence des complications dégénératives dans une méta-analyse de 2001 [88 ,89 ,90].

Une méta-analyse en 2011 a fait une distinction entre une activité physique supervisée et structurée (en endurance, en résistance ou une combinaison des deux) versus de simples recommandations d'activités physiques quotidiennes. Sur 47 études randomisées, les résultats montrent que l'activité physique supervisée et structurée entraîne une amélioration significative du taux d'HbA1C de 0,51% à 0,73% comparée à l'autre groupe, en fonction du programme d'entraînement [91].

L'activité physique a de plus l'intérêt de permettre un meilleur contrôle des autres facteurs de risque fréquemment associés au diabète, diminuant ainsi la morbi-mortalité de cette pathologie [10].

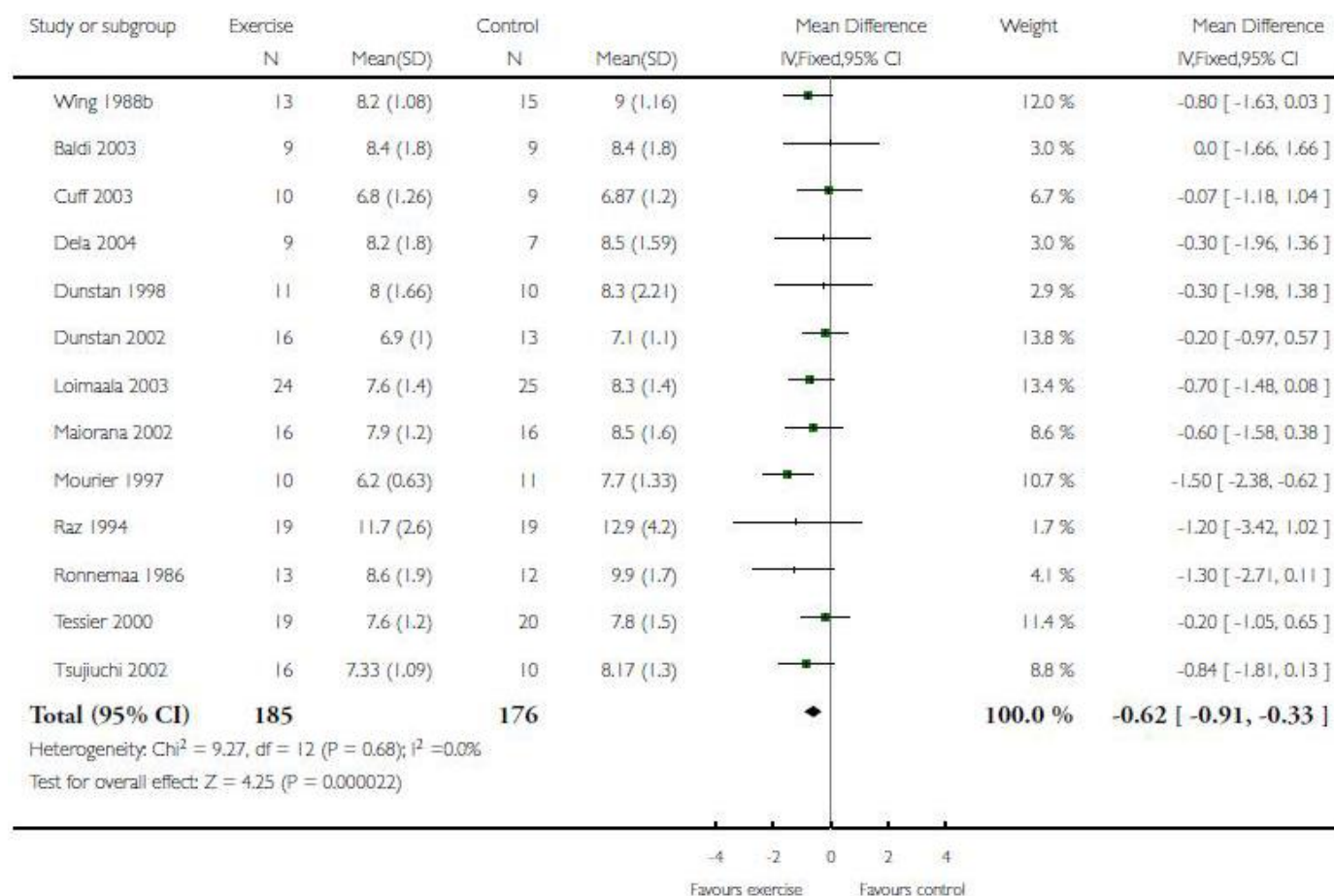


Figure 26: Effet de l'exercice physique sur l'équilibre glycémique [92]

## 10. Recommandations en activité physique chez les patients diabétiques de type 2

D'abord la question qui se pose, quel type d'activité physique a conseiller s

Une étude était menée par Elisabetta Bacchi et al. Qui avait comparé les effets métaboliques et sur la composition corporelle des exercices d'endurance et de résistance. Pour cela, 40 patients DT2 ont été randomisés soit à un groupe résistance, soit à un groupe endurance. Les sujets ont été évalués avant et après 4 mois de l'une ou l'autre activité physique [93].

Les résultats montrent que la force musculaire était d'avantage améliorée dans le groupe résistance et que la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max) était plus dans le groupe endurance. [13 ,15] L'amélioration de l'HbA1c était similaire dans les deux groupes (soit environ -0,4 %). Le taux d'HbA1c de départ n'était pas prédictif de la réduction de celui-ci par le sport.

La réduction de l'adiposité tronculaire (tissu adipeux viscéral et sous-cutané), la hausse de la sensibilité à l'insuline et la hausse de la masse maigre étaient similaires dans les deux groupes. La capacité d'insulinosécrétion n'était pas modifiée par les deux types d'activité [93].

Dans l'étude de Sigal et al.[94] dans la quelle trois modes d'entraînement ont été comparés de façon randomisée. Après 6 mois d'entraînement, le taux d'HbA1c a diminué de manière similaire dans le groupe aérobie seule et résistance seule, respectivement de - 0,51 % et de - 0,38 % (valeur absolue). L'entraînement combiné a permis une diminution supplémentaire de 0,46 % par rapport à l'entraînement aérobie seul (soit une diminution totale de 0,97 %) et de 0,59 % par rapport à l'entraînement en résistance seule. Le groupe combiné a de meilleurs résultats sur l'HbA1c, mais il fait deux fois plus d'entraînement que le groupe aérobie seule ou que le groupe résistance



seule, puisqu'il a combiné les deux types d'entraînement soit : 45 min d'exercice aérobie a 75 %VO2 max + 7 types d'exercices de musculation (avec 2 a 3 séries par exercice au poids maximum qui peut être soulevé 7 a 9 fois), 3 fois par semaine.

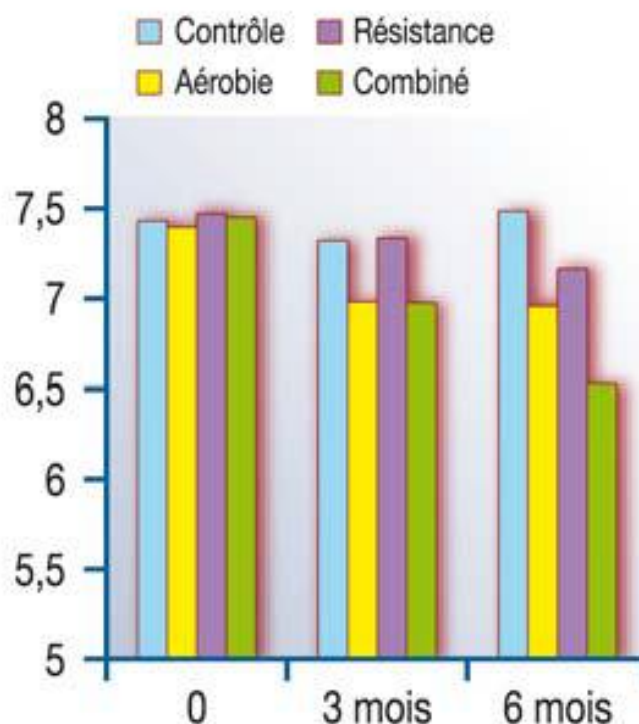


Figure 27: Évolution du taux d'HbA1c observée dans l'étude de Sigal et al. dans laquelle trois modes d'entraînement ont été comparés de façon randomisée.

Une autre étude réalisée en 2015, sur 30 patients diabétiques comparant un programme d'activité physique en endurance contre une activité en résistance sur l'HbA1C ainsi que d'autres paramètres cardiovasculaires qui a montré que les 2 programmes avaient un effet similaire sur l'équilibre glycémique mais seulement le groupe d'activité en résistance qui avait maintenu l'équilibre glycémique après arrêt du programme d'activité physique[95].

Les deux sociétés françaises ayant émis des recommandations en matière d'activité physique dans le cadre du diabète de type 2 sont la Haute Autorité de Santé (HAS) en mars 2014 et la Société Française de Diabétologie (SFD) en mars 2013. Elles

se sont toutes les deux inspirées des recommandations communes américaines de la Société Américaine de Médecine du Sport (ACSM) et de l'Association Américaine du Diabète (ADA) de décembre 2010[10].

a .Recommandations de la HAS[10] :

Après avoir mené la démarche de prescription en activité physique qu'on a abordée plus haut (cf. Prescription d'activité physique), la HAS recommande de mettre en place l'activité de manière progressive jusqu'au moins :

- Ø 150 minutes (2h30) par semaine d'activité physique d'intensité modérée (50 à 70% de la fréquence cardiaque maximale soit 220-l'âge) et
- Ø 2 ou 3 séances hebdomadaires d'activité contre résistance (renforcement musculaire).

b .Recommandations de la Société Française de Diabétologie (SFD)

La SFD recommande, après avoir combattu les comportements sédentaires et augmenté progressivement l'activité physique dans la vie quotidienne, de pratiquer [89]:

Des exercices en endurance :

- Ø Fréquence : au moins 3 jours par semaine avec au maximum deux jours consécutifs sans activité physique,
- Ø Intensité : au minimum modérée, à peu près équivalente à 40-60% de la VO<sub>2</sub> max,
- Ø Durée : au minimum 150 minutes par semaines d'activité physique d'intensité modérée, pratiquée en sessions de 10 minutes minimum, réparties sur au moins 3 jours dans la semaine.

Des exercices en résistance (renforcement musculaire) :

- Ø Fréquence : au moins 2 fois par semaine sur des jours non consécutifs,
- Ø D'une intensité modérée (50 % d'une répétition maximum) à élevée (75-80 % d'une répétition maximum),
- Ø Durée : chaque session devant au minimum inclure 5 à 10 exercices incluant les principaux groupes musculaires de 10 à 15 répétitions chacun jusqu'à la survenue de la fatigue avec progression dans le temps sur des charges plus importantes. Trois séries par exercice de 8 à 10 répétitions.

Dans tous les cas, la SFD recommande une approche très progressive des objectifs pour éviter le risque d'accidents et favoriser l'observance. Les exercices peuvent-être initialement encadrés (par un enseignant en APA ou un éducateur sportif). Il est possible d'ajouter à ce programme des exercices d'étirements et de stretching. [89]

Tableau X : Activité physique (AP) dans le diabète de type 2, d'après les recommandations de (SFD) [89].

| Type d'exercice                | intensité                               | Durée                                                                  | Fréquence               | surveillance                             |
|--------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| Endurance<br>-Exercice modérée | – 40-60 %<br>de la VO2max<br>– 3-6 METs | 30 min, ou<br>fractions<br>de 10 mn<br>Au total : > 150<br>min/semaine | 3-7 fois par<br>semaine | Vigilance<br>cardiaque et<br>métabolique |
| Endurance<br>-Exercice intense | – > 60 %<br>VO2max<br>– > 6 METs        | < 30 min                                                               | 3 fois par<br>semaine   | Vigilance<br>cardiaque et<br>métabolique |
| Renforcement musculaire        | modérée                                 | 30 min                                                                 | 2 fois par<br>semaine   | standard                                 |

*c.En pratique :*

Sachant que la marche représente l'activité physique la plus couramment pratiquée, et qu'elle apporte de nombreux bénéfices prouvés pour la sante, 30 minutes de marche quotidienne a bonne allure peuvent être recommandées.

Cependant, la marche n'est pas toujours indiquée chez le DT2, en particulier s'il existe une neuropathie périphérique ou des complications au niveau des membres inférieurs (arthrose). Dans ces cas, des exercices avec de faibles impacts sont recommandés (avec les mêmes effets bénéfiques) : natation, vélo, aquagym.

S'il n'y a pas de contre-indication, une activité physique plus intense ou des exercices de musculation peuvent être ajoutés afin d'augmenter les bénéfices pour la sante. Il ne faut cependant pas oublier qu'une activité physique moins structurée et de faible intensité pourrait aussi diminuer la probabilité de développer un DT2, surtout lorsqu'elle remplace des activités sédentaires comme regarder la télévision.

La variété des programmes avec un choix multiple d'activités possibles est le meilleur garant d'une bonne adhérence a moyen et long terme, d'où l'intérêt d'une prescription individualisée et progressive d'activité physique.

Il faut ajouter a ces programmes personnalisés et structurés une modification du mode de vie en général, en privilégiant les déplacements a pied, ou l'utilisation du vélo plutôt que de la voiture, les escaliers a la place de l'ascenseur.

Une population sédentaire aura, sur le plan de nombreux paramètres de sante, une augmentation de la dépense énergétique des 24 heures, en utilisant toutes les opportunités d'augmenter sa dépense énergétique (quelle que soit l'intensité de l'exercice) [96].

## 11. Prescription de l'activité physique en pratique :

Comme pour toute prescription classique, la prescription de l'activité physique doit s'articuler en trois points : premièrement elle doit s'accompagner d'un bilan pré-thérapeutique, ensuite vient la prescription elle-même et enfin le suivi de l'efficacité, de l'adhésion et de la tolérance du traitement.

### a .Précautions a prendre avant l'activité physique :

- ü Vérification de la glycémie,

- ü Consommation de glucides et ajustements à la médication (déjà détaillés)

### b.Quels sont les facteurs pouvant avoir une incidence sur la pratique de l'activité physique chez les personnes atteintes de diabète de type 2?

#### ü Barrières physiques :

L'existence d'une pathologie musculo-articulaire est une cause fréquente de mauvaise tolérance de l'exercice musculaire et donc, d'abandon de cette activité physique (excès de poids, arthrose...) [88].

La prévalence d'arthrose, surtout au niveau du genou, est également plus élevée chez les personnes sédentaires affichant un surpoids que chez leurs homologues dont le poids est normal. Tandis que l'arthrose et l'excès de poids peuvent tous deux mener à des difficultés, à de l'inconfort et même à des blessures pendant la pratique d'exercices physiques, il a été démontré que l'activité régulière diminuait l'arthralgie et améliorait la qualité de vie chez les gens souffrant de ces conditions.

On devrait encourager les gens atteints d'arthralgie à pratiquer leur exercice dans les limites de cette douleur, ce qui pourrait nécessiter de se livrer à des activités sans port de poids, comme la bicyclette ou la natation. L'entraînement contre résistance devrait également être mis en valeur chez ce groupe, étant donné qu'une force musculaire accrue autour des articulations douloureuses peut améliorer la mobilité et atténuer la douleur [82].

Les recommandations récentes sur la prise en charge de l'arthrose des membres inférieurs préconisent la pratique d'une activité physique, avec un effet démontré sur la douleur, les capacités de marche et la force musculaire.

Les programmes d'exercice proposés peuvent comporter un travail aérobie ou de renforcement musculaire, sans qu'une modalité ait montré sa supériorité sur l'autre. Ces programmes doivent idéalement être commencés de manière supervisée avant d'être poursuivis individuellement [97].

#### Affections musculo-squelettiques et diabète :

L'évolution du DT2 peut conduire à des atteintes spécifiques de l'appareil locomoteur qui peuvent limiter la pratique d'une activité physique, il faut citer les infarctus musculaires pouvant être responsables de douleurs musculaires parfois trompeuses. Sur le plan musculaire, la sarcopénie peut également limiter la pratique d'exercices physiques et il est probable que l'insulinorésistance y contribue.

On retrouve également des arthropathies, en particulier celles touchant le pied, comme le pied de Charcot pouvant conduire à des déformations majeures, la maladie de Ledderhose (pathologie de l'aponévrose) pouvant engendrer des douleurs d'appui au niveau des pieds, ainsi que la chéiroarthropathie (épaississement du tissu péri articulaire et sous-cutané touchant le capiton plantaire) qui peuvent limiter les activités en charge. Il faut également être vigilant, une fois le programme d'activité physique engagé, sur la survenue de fracture de fatigue du pied plus fréquente et peu symptomatique chez le diabétique.

On peut enfin citer des atteintes non spécifiques, apparaissant dans la deuxième moitié de la vie et qui peuvent être concomitantes au DT2, comme l'arthrose des membres inférieurs, et en particulier la gonarthrose, la lombalgie commune ou ostéoporose.

En conclusion : La présence de pathologies de l'appareil locomoteur préexistantes n'est pas une contre-indication à la pratique d'une activité physique, elle peut simplement nécessiter quelques adaptations [97].

Avant prescription d'un programme d'activité physique chez un patient diabétique, un bilan musculo-squelettique systématique doit être réalisé afin de mieux en préciser les modalités (activité aérobie vs renforcement musculaire, travail en charge vs travail en décharge) [88,97].

#### ü Atteinte cardiaque :

Chez les diabétiques type 2, la mort subite en cas de pratique d'activité physique est due dans la majorité des cas à l'athérosclérose ,et on peut évoquer comme mécanisme la rupture d'une plaque et l'occlusion coronaire, l'activation des plaquettes sous l'effet de cathécolamines , une arythmie ventriculaire causée par l'ischémie .cela étant il faut insister sur la rareté de ces accidents à noter que les études réalisés dans la littérature ont montré que ce risque est largement inférieur aux données de la littérature[98] .

Les personnes atteintes de diabète de type 2 et souffrant d'une maladie cardiovasculaire, ou les personnes d'âge moyen ou plus âgés présentant des facteurs de risque cardiaque supplémentaires ne devraient pas être dissuadées de faire de l'activité physique, mais devraient plutôt être encouragées à commencer par de courtes périodes d'exercice à faible intensité. La durée et l'intensité de l'activité peuvent être augmentées progressivement, selon le degré de confort et les capacités du patient.

Les personnes ayant des contre-indications physiques relatives bénéficieront grandement de la supervision d'un spécialiste en exercice qualifié ou d'un entraîneur personnel, lequel s'assurera que la progression de l'entraînement est adéquate et que

des techniques d'exercice sont utilisées en tout temps, surtout lorsque l'activité physique implique toute forme d'entraînement contre résistance (poids libres, appareil à contre-poids).

Un récent essai mené à grande échelle a démontré que l'entraînement contre résistance et l'activité aérobique pratiqués en salle et supervisés, jumelés à une consultation en matière d'activité physique, donnaient lieu à des améliorations significatives de plusieurs facteurs de risque cardiaques chez les personnes souffrant de diabète de type 2 sur une période d'un an, comparativement à une consultation en matière d'activité physique seulement. [82]

#### Risque de mort subite au cours d'une activité sportive intense :

La cause de la mort subite dépend de l'âge du sujet, ce qui suggère que la réflexion doit être différente dans le diabète de type 1 ou le diabète de type 2. Chez le sujet âgé de plus de 40 ans, c'est l'athérosclérose qui prédomine comme cause de mort subite, et on peut évoquer comme mécanisme la rupture d'une plaque et l'occlusion coronaire, l'activation des plaquettes sous l'effet des catécholamines, une arythmie ventriculaire causée par l'ischémie. Cela étant, il faut insister sur la rareté de ces accidents [99].

Une analyse de la littérature sur les accidents survenant dans les programmes de réhabilitation cardiaque montre la survenue d'un arrêt cardiaque sur 219 970 patient-heures, d'un infarctus du myocarde sur 752 365 patient-heures, d'un événement fatal sur 81 670 patient-heures, ce qui conforte l'importance de la réhabilitation sportive en cardiologie.

De fait, ce risque est largement inférieur aux bénéfices de l'activité physique :

dans la Seattle Study, le risque relatif d'arrêt cardiaque était certes augmenté pendant l'exercice quelque soit son intensité, mais l'incidence totale d'arrêt cardiaque



augmentait avec la sédentarité ; le risque d'infarctus du myocarde lié à l'activité physique diminue avec l'augmentation de l'activité habituelle [100].

#### Rétinopathie diabétique :

Une rétinopathie diabétique faible ne devrait pas interférer avec l'accomplissement d'une activité physique.

Si un patient souffre d'une rétinopathie proliférative ou non proliférative sévère non traitée, un exercice contre résistance ou d'aérobic vigoureux pourrait accroître le risque d'hémorragie vitreuse ou de décollement de rétine et une activité vigoureuse ne devrait être entamée que plusieurs mois après le traitement de la rétinopathie.

Ces personnes devraient tout de même être encouragées à pratiquer des exercices de faible et de moyenne intensité comme la marche ou la natation.

L'American diabetes association (ADA) déconseille, en cas de rétinopathie, même modérée, la pratique d'activités sportives risquant d'entraîner une élévation de la pression artérielle, ou s'apparentant à une manœuvre de Valsalva. En effet, la manœuvre de Valsalva peut entraîner une forme spéciale de rétinopathie (dite « rétinopathie de Valsalva »), se présentant sous la forme d'hémorragies intra-rétiniennes ou intra-vitréennes, souvent prémaculaires.

En résumé : si le bon sens veut qu'une rétinopathie sévère soit dépistée et traitée avant de se lancer dans des activités sportives intensives, ou de ne pas recommander la pratique de la boxe à un patient ayant une rétinopathie proliférante qui risque de saigner, l'existence d'une rétinopathie traitée ne doit pas décourager la pratique d'activités physiques et sportives[13,15 ,82]

### Néphropathie et microalbuminurie :

Une session d'exercice peut élever transitoirement la micro albuminurie du fait de l'augmentation de la pression artérielle pendant l'exercice.

Cependant, cette augmentation est transitoire, et la microalbuminurie induite par l'exercice n'est pas un marqueur prédictif de la microalbuminurie permanente dans le DT2. Des études épidémiologiques suggèrent, au contraire, une association entre l'activité physique régulière et une meilleure fonction rénale chez des patients diabétiques. De plus, les études chez l'animal montrent que l'entraînement en endurance retarde la progression de la néphropathie diabétique [6,82].

Une étude réalisée en 2007 sur l'effet de l'entraînement aérobie sur la microalbuminurie et DT2 a montré qu'un exercice aérobique de six mois,

Sans aucun changement dans le médicament, a une tendance à diminuer la microalbuminurie sans modifier la protéinurie [101].

En cas d'insuffisance rénale, l'activité physique à type de renforcement musculaire permet de lutter contre la sarcopénie [16].

Chez le patient dialysé, l'exercice physique régulier améliore : [82]

- o La capacité oxydative musculaire;
- o La qualité de vie;
- o Le contrôle tensionnel ;
- o Le profil lipidique;
- o La rigidité artérielle;
- o L'insulinosensibilité;
- o Les marqueurs de l'inflammation;
- o L'anémie.

Au total : il faut retenir que la présence d'une néphropathie n'est pas une contre indication à la pratique d'une activité physique. Celle-ci sera éventuellement plus facile

après traitement d'une anémie par érythropoïétine. Et il est important de demander à un patient chez qui l'on découvre une microalbuminurie anormale si, la veille du prélèvement, il a eu une activité physique intense [82].

#### Neuropathie diabétique :

La neuropathie autonome, tout comme la neuropathie périphérique, peut rendre difficile l'accomplissement de certains types d'activités et pourrait augmenter le risque de blessures liées à l'exercice. La neuropathie périphérique chez les diabétiques de type 2 accroît le risque d'éruption cutanée et d'infection, ainsi que le risque d'arthropathie dégénérative, en raison d'une diminution de la sensation dans les extrémités. Pour cette raison, les activités sans port de poids (natation, bicyclette, aviron) sont habituellement recommandées à ces personnes[82].

Toutefois, un récent essai sur des échantillons aléatoire a démontré qu'un programme de marche de douze mois n'avait pas augmenté le risque d'ulcération aux pieds dans le groupe expérimental par rapport aux groupes témoins. Tous les patients soumis à cet essai ont reçu des soins de pieds réguliers [102,103].

#### Les personnes diabétiques souffrant de neuropathie périphérique

Elles doivent être informées de vérifier leurs pieds tous les jours, particulièrement les jours où ils font de l'activité physique, et de porter des chaussures appropriées.

Lorsque l'on soupçonne la présence d'une neuropathie autonome, on recommande de soumettre le patient à un examen afin de déceler la présence d'ischémie cardiaque, et ce, avant d'accroître l'intensité de l'activité physique, car le risque de maladie a également un risque d'hypotension posturale, de thermorégulation altérée coronarienne est élevé chez ces personnes. La supervision durant l'exercice devrait être recommandée au moins au début, car il y a un risque de digestion imprévue des glucides en raison de la gastroparésie.

Les patients diabétiques, spécialement ceux qui sont âgés ou qui présentent une neuropathie autonome, une maladie cardiaque ou une affection pulmonaire, doivent savoir qu'ils sont plus sensibles aux coups de chaleur. Autant que possible, les séances d'exercice devraient se tenir dans un endroit frais, comme dans des centres d'entraînement climatisés. Quand il fait chaud, les exercices à l'extérieur devraient être faits au début ou à la fin de la journée [15,84].

#### Barrières psychologiques :

Les barrières motivationnelles, souvent liées à la propre croyance du patient selon laquelle sa capacité à accomplir une activité physique, peuvent interférer avec la pratique régulière d'exercices. Chez les patients diabétiques souffrant de comorbidités, cela peut être particulièrement compliqué étant donné que leurs perceptions de leur condition (qu'elle soit grave ou non d'un point de vue clinique) peut agir comme barrière psychologique. Veiller à ce que l'initiation à l'exercice soit effectuée selon les directives et sous la supervision d'un instructeur qualifié contribuera à surmonter cette barrière en procurant aux patients la motivation, la confiance et les aptitudes nécessaires afin de poursuivre. Dans la mesure du possible, on devrait offrir une consultation collective ou individuelle aux patients afin que les programmes soient adaptés à leurs besoins, capacités et préférences personnels ainsi qu'à la disponibilité des appareils.

L'établissement de buts précis, mesurables, atteignables, réalistes et opportuns au tout début devrait aider à soutenir la motivation en permettant aux patients de constater leurs progrès et de prendre confiance. Pour cette raison, l'exercice contre résistance, pratiqué seul ou combiné avec un exercice d'aérobic, peut être plus motivant dans ce groupe de personnes puisque les augmentations du nombre de répétitions ou de séries effectuées ainsi que la quantité de poids levé sont facilement mesurées. En outre, le fait d'encourager les patients à s'adonner à des activités ou à

des sports qu'ils aiment ou par l'entremise desquels ils reçoivent un soutien moral et social des autres peut contribuer à surmonter certaines de leur aversion à l'exercice.

Des facteurs internes peuvent avoir un effet sur la pratique de l'activité physique.

- o Ressentir une fatigue permanente;
- o Craindre de ne pas obtenir de bénéfices concrets
- o Ne pas avoir envie de montrer son corps;
- o Avoir peur de se faire mal;
- o Avoir peur du regard des autres;
- o Ne pas aimer l'activité physique en général;
- o N'avoir jamais fait de sport de sa vie;
- o Ne pas se sentir capable;
- o Manquer de confiance en soi;
- o Avoir peur des hypoglycémies;
- o Ne pas se sentir au niveau des autres ;
- o L'absence de soutien dans l'entourage.

#### Barrières socioéconomiques :

Dans certains cas, les patients qui sont physiquement capables et mentalement disposés à prendre part à une activité physique peuvent être freinés par des facteurs socioéconomiques. Pour les personnes se situant dans les strates socioéconomiques inférieures, les abonnements au gymnase et les programmes d'activités physiques organisés peuvent être prohibitifs, bien que de nombreuses installations communautaires offrent des tarifs réduits pour les gens à faible revenu. La marche, bien que facile et non coûteuse, n'est possible que s'il y a un endroit sécuritaire pour s'y adonner. Dans certaines cultures, les croyances relatives au corps idéal, ou les restrictions imposées par rapport aux contacts sociaux avec le sexe opposé, peuvent

entraver à la fois la motivation et la capacité à entreprendre une activité physique, surtout chez les femmes.

Des études menées auprès de personnes atteintes du diabète de type 2 ont également révélé que les femmes affichent des taux d'adhésion aux programmes d'activité physique inférieurs à ceux des hommes, ce qui indique que les femmes atteintes de cette condition auraient davantage besoin de soutien et d'encouragement.

La plupart des personnes atteintes du diabète de type 2 devraient être en mesure de faire de l'exercice de façon efficace et sécuritaire si adéquatement motivées et supervisées. Les praticiens devraient être disposés à comprendre toutes les barrières pouvant exister chez chacun des patients et être outillés pour suggérer des méthodes permettant d'aller de l'avant malgré la présence de ces obstacles. Une supervision et une orientation adéquates constitueront un atout très précieux à tous les stades de la gestion d'exercice chez le patient[82].

### c .Evaluation pré- thérapeutique

Il n'y a pas de réelles contre-indications à la prescription d'activité physique mais des restrictions d'indications en fonction des différentes pathologies présentées par le patient. Il peut alors parfois être nécessaire de prendre un avis spécialisé notamment cardiologique en cas de risque cardiovasculaire élevé.

Les accidents graves (infarctus du myocarde, mort subite) surviennent principalement chez les sujets sédentaires qui débutent une activité d'intensité élevée sans entraînement ni évaluation médicale préalable[1]

Le bilan pré-thérapeutique consiste à évaluer l'activité physique déjà pratiquée ainsi qu'à identifier les besoins, les souhaits et la motivation du patient concernant l'activité physique. [10]

La recherche d'information portera sur : [104]

- Ø L'activité professionnelle (sédentaire ou avec activité physique), les horaires de travail et la distance séparant le lieu de travail du domicile (et donc discuter si possible de modifier les moyens de locomotion utilisés pour ce trajet) ;
- Ø Les conditions de vie et l'environnement (proximité d'un parc public, accessibilité des pistes cyclables ou d'équipements sportifs) ;
- Ø temps disponible et horaires pour l'activité physique ;
- Ø L'évaluation du niveau d'activité physique actuel et passé (antécédent de pratique d'un sport) ;
- Ø Les motivations pour l'activité physique ;
- Ø Les goûts personnels.

Il faut utiliser des techniques du type entretien motivationnel en invitant le patient à se poser des questions.

On peut essayer de déterminer le stade de motivation du patient en s'inspirant du modèle des phases de changement de Prochaska et Diclemente (Cf.figure 28 ) afin de pouvoir s'y adapter par la suite.

En situant nos patients dans les stades de changement du comportement de Prochaska, nous pouvons adapter nos objectifs thérapeutiques et nos interventions. Si notre patient n'est pas prêt à bouger, il est indispensable de le préparer par des consultations motivationnelles avant de lui prescrire de l'activité physique. Si notre patient est prêt ou a déjà adopté une activité physique régulière, nous pouvons lui apporter un soutien adapté en l'aidant à se situer le long du «continuum de l'activité physique» et en utilisant «la pyramide de l'activité physique»[105].

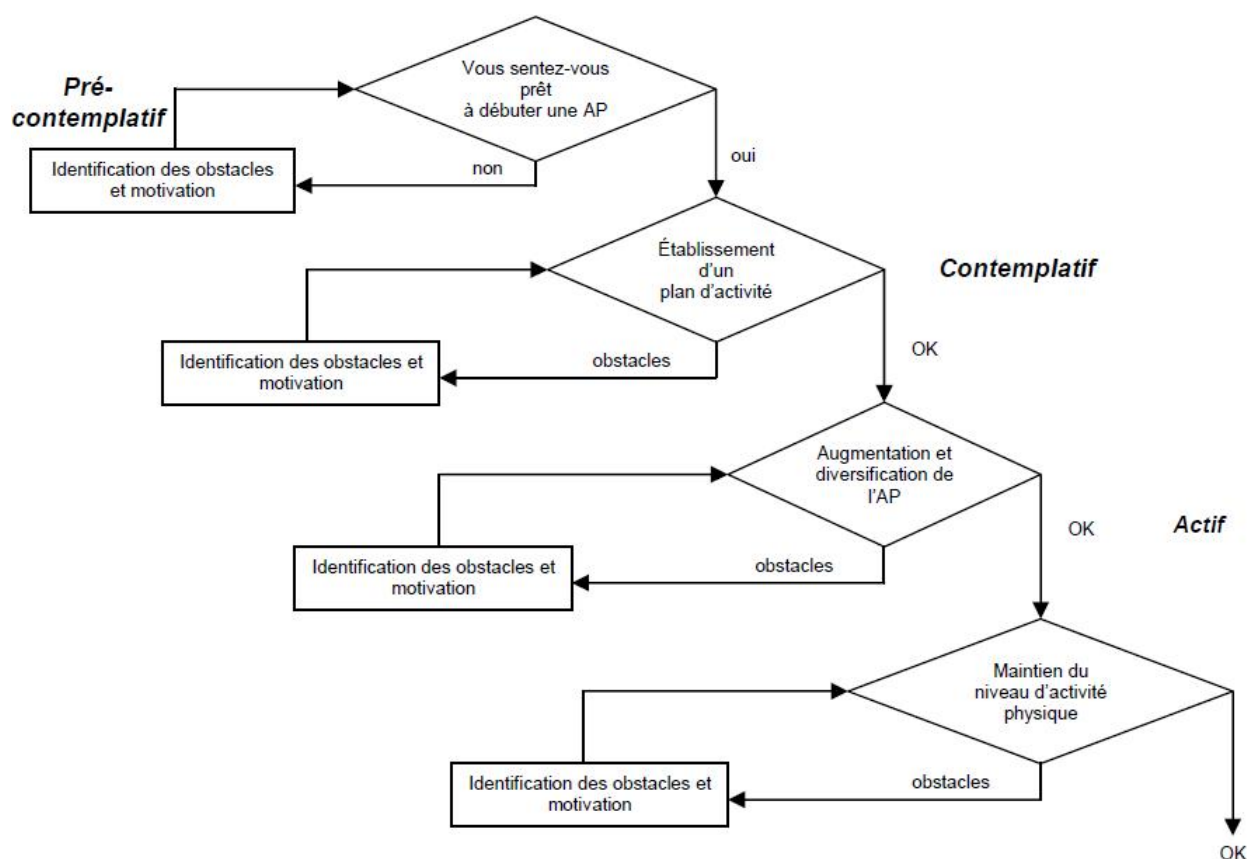


Figure 28 : Phases de changement de Prochaska et Diclemente

Pour évaluer le niveau d'activité physique habituel on peut s'appuyer sur des questionnaires type comme celui de Ricci et Gagnon ou celui la Société française de nutrition, ou le score mondial de l'OMS de la pratique de l'activité physique GPAQ (voir annexe 2) [10]

Le démarrage d'une activité physique est l'occasion de vérifier que le patient diabétique a bénéficié des examens suivants :

- ü Coeur : Electrocardiogramme de repos, échographie cardiaque, épreuve d'effort ou scintigraphie coronaire.
- ü Artères des membres inférieurs : Palpation des pouls, Doppler des membres inférieurs.
- ü Rétinopathie : Fond d'oeil, et éventuellement angiographie.
- ü Néphropathie : créatininémie, microalbuminurie.
- ü Neuropathie :



Sensibilité au monofilament, recherche des réflexes ostéotendineux, recherche d'une déformation des pieds, antécédents de mal perforant plantaire, vérification de l'hygiène ;

Recherche d'une neuropathie autonome, notamment cardiaque.

En 2008, un ECG à l'effort était recommandé quand une personne diabétique jusque-là sédentaire et très exposée aux maladies cardiovasculaires souhaitait commencer à faire des exercices plus vigoureux que la marche rapide [15,106]. En 2013, cette recommandation a été modifiée et préconise une évaluation plus complète incluant une anamnèse, un examen physique et un ECG au repos avec ou sans ECG à l'effort

Un ECG d'effort devrait être envisagé chez les personnes présentant des risques de maladie cardiovasculaire et désirant entreprendre un programme d'exercices plus intenses que la marche rapide, surtout si elles veulent commencer un programme d'endurance vigoureux et prolongé, en prévision d'un marathon, par exemple.

A noter Pour certains diabétiques type 2, le risque relatif D'un événement indésirable associé à une PA accrue (en Avec des activités vigoureuses) est élevée, au moins pendant la phase initiale [107].

Une fois ce bilan initial réalisé, on peut donc passer à la définition des objectifs et à la prescription adaptée d'activité physique.

#### d .Définition des objectifs et prescription adaptée

Il convient d'amener le patient à avoir des objectifs suffisants mais réalistes, en procédant par petites étapes pour augmenter les chances de succès.

- ü Chez les sujets inactifs et/ou particulièrement sédentaires, les premiers conseils simples visent à limiter le comportement sédentaire et à encourager une activité physique minimale dans la vie de tous les jours (Cf. Tableau XI). Dans cette situation, l'activité physique doit être débutée de façon très progressive par des activités d'intensité faible à modérée lors des tâches de la vie courante ou de certaines activités de loisirs [10].

Tableau XI: Conseils simples pour limiter le comportement sédentaire et encourager une activité physique minimale dans la vie quotidienne d'après la SFN, 2005 [108].

|                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Déplacez-vous à pied le plus possible.                                                            |
| Marchez lors de votre trajet pour vous rendre au travail ou dans les magasins.                    |
| Si vous utilisez le bus, descendez un arrêt avant votre destination.                              |
| Utilisez les escaliers à la place de l'ascenseur ou des escaliers mécaniques.                     |
| Évitez de rester assis pendant des périodes prolongées surtout quand vous regardez la télévision. |
| Si vous avez un jardin, passez plus de temps à y travailler.                                      |
| Si vous avez un chien, promenez-le plus souvent et plus longtemps.                                |

#### ü Chez les personnes déjà actives :

Chez les personnes déjà actives sur le plan physique et qui respectent les recommandations de base, l'objectif est double : Avant tout éviter l'abandon, viser le maintien et aider "à garder la cadence". Un suivi régulier est un atout important et permettra d'adapter l'activité physique en fonction de la motivation et de la capacité

physique. Il est essentiel de repérer les obstacles pouvant interrompre la pratique d'activité physique et d'aider le patient à percevoir les bénéfices de cette dernière.

La prescription doit ensuite s'effectuer, de manière orale ou écrite, en n'oubliant pas de préciser le type d'activité physique, sa durée, sa fréquence et son intensité parmi les exemples déjà cités.

L'orientation vers d'autres professionnels comme un enseignant en activités physiques adaptées APA, les kinésithérapeutes, les éducateurs sportifs (intervenant dans les clubs ou associations sportives) peut-être nécessaire pour encadrer convenablement cette prescription [10 ,43] .

#### e.Suivi

Il s'agit là d'une étape essentielle. Il faut revoir ce patient très régulièrement en consultation et évaluer son activité à l'aide des outils que nous avons décrits, plus particulièrement les carnets ou journaux d'activité et le podomètre. Il faut s'assurer des effets sur l'équilibre glycémique et éventuellement ajuster le traitement (diminution des sulfonylurées par exemple) et surveiller l'apparition ou l'évolution des éventuelles complications et des facteurs de risque cardiovasculaire. La consultation permet également de s'assurer que les objectifs, les conseils et la prescription d'activité physique sont toujours adaptés à la situation et à l'état de santé du patient, et de les ajuster ou les réexpliquer si nécessaire. Il est particulièrement important de prendre en compte très régulièrement : l'évolution du poids, des capacités fonctionnelles et perceptives, la motivation du patient et l'évolution de ses intérêts et de ses goûts, et bien entendu sa situation globale (médicale, nutritionnelle et psychosociale). Le but étant bien entendu d'assurer au patient, non seulement le meilleur état de santé, mais également la meilleure qualité de vie possible[10] .

### III -Analyse de l'étude

#### 1-Limites et difficultés de l'étude :

Il s'agit d'une étude prospective interventionnelle étalé sur 3 mois qui permet de rechercher l'effet de l'activité physique sur l'équilibre glycémique ainsi que d'autres paramètres.

Mais cette étude ne permet pas d'évaluer le maintien de l'effet à long terme :

Dans la littérature on a trouvé 2 études avec un suivi de 12 mois après l'intervention qui avaient montré :

- Maintien de l'amélioration de l'équilibre glycémique chez les sujets continuant à pratiquer de l'exercice physique [109].
- Diminution des traitements antidiabétiques dans le groupe intervention vs contrôle [110].

#### 2- Données épidémiologiques :

##### a- Nombre de patients recrutés :

Dans notre étude le nombre de patients recrutés étaient de 180 malades.

On comparant ce nombre avec le nombre de patients dans les séries de la littérature on a avait trouvé :

| étude         | Notre étude | Maiorana et al .2002 [111] | Dunstan, et al. 2002[112] | Loimaala, et al. 2003[113] | Tessier, et al. 2000 [46] |
|---------------|-------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Nombre de cas | 180 cas     | 16 cas                     | 36 cas                    | 50 cas                     | 45 cas                    |

Donc dans notre étude le nombre de cas recrutés était élevé en comparaison avec d'autres études faites dans la littérature, cela peut être expliqué par les critères d'exclusion dans notre étude qui étaient moins limités, alors que dans d' autres études ils ont été exclus de l'étude les patients fumeurs, hypertendus, patients avec dyslipidémie ...et les patients qui ont des antécédents cardiaques ou oculaires.

#### b. Sexe :

Dans notre série nous avons inclus 85 hommes (47%) et 95 femmes (53%) avec un sexe ratio de 1,12 en faveur des femmes.

On comparant notre étude avec l'étude de Maiorana, et al. [91] Réalisé en 2002, portant sur l'effet de l'activité physique en endurance et en résistance sur l'équilibre glycémique et le poids on avait trouvé que la population de l'étude comporte 16 cas, avec 2 femmes et 14 hommes.

#### c .Age :

Dans notre série 68% de nos patients (122 malades) avaient un âge supérieur à 50 ans, avec une moyenne d'âge de 55 ans, ceci pourrait s'expliquer par le type de diabète (type II) qui touche beaucoup plus le sujet âgé. Comme autre argument la taille de l'échantillon qui est petite.

Dans l'étude de Maiorana et al. [111] l'âge moyen des patients était de 52 ans, ce qui est similaire à l'âge moyen des patients dans notre étude.

### 3-Données cliniques :

#### a-L'ancienneté du diabète :

Dans notre population étudiée, la durée d'évolution du diabète était en moyenne de 8.2 ans+ / - 7, avec des extrêmes allant de 1 an à 34 ans.

#### b-L'hypertension artérielle :

Dans notre série, l' HTA était présente dans 36,1% des cas (65 patients), 83% des patients (48 patients) hypertendus étaient sous traitement médical, Cela est expliqué par la fréquence élevée d'HTA chez les patients diabétiques type 2.

Dans l'étude de Maiorana et al réalisé en 2002, ils ont exclus de l'étude les patients qui ont une pression artérielle systolique  $\geq 160$  mmhg , 5 patients sur 14 étaient sous traitement(IEC).

#### c-L' Obésité :

Dans notre étude, 53,6% des patients étaient en surpoids, et 25% des cas étaient obèses.

Cela est expliqué par le type de diabète chez la population étudiée.

#### d- La dyslipidémie :

23 ,9% (33 patients) de la population étudiée présentaient nt une dyslipidémie. 89% des patients étaient sous traitement hypolipémiant par statine selon les recommandations internationales, l'association HTA et dyslipidémie était notée dans 17% des cas.

Cela est expliqué par la fréquence de la dyslipidémie chez les patients diabétiques type 2 .

Dans l'étude de maiorana et al [111] 2 patients étaient sous traitement hypolipémiant soit 14,3 % des malades.

### e-Le tabagisme-alcoolisme :

La notion de tabagisme actif était retrouvée chez 14% (25 patients) de nos patients, alors que la notion d'alcoolisme était retrouvée chez 4,4% des patients ( 8 patients) .

Dans l'étude de Maiorana et al, les patients fumeurs et alcooliques étaient exclus de l'étude.

## 4-Traitement

Dans la population étudiée 119 malades (66,1%) étaient sous antidiabétiques oraux ,37malades (20,6%) étaient sous association insuline+ADO, 19 malades (10,6%) étaient sous insuline seule et 5 malades (2,8%) étaient sous régime seul.

Dans la plupart des études réalisées dans la littérature on avait trouvé que les malades étaient sous aucun traitement ou sous hypoglycémiants oraux :

| Aucun traitement ou hypoglycémiants oraux                                                                                                       | Hypoglycémiants oraux                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dunstin, et al.1998[112]</li> <li>-Baldi, et al.2003 [114]</li> <li>-Culf, et al.2003 [115]</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Raz, et al.1991 [109]</li> <li>-Dela, et al. 2004 [116]</li> </ul> |

## 5-Complications au cours de la période de suivi :

Dans notre étude on n'avait pas noté la survenue d'événements indésirables notamment pas d'atteintes cardio-vasculaires, pas d'atteintes podologiques , par contre on avait noté quelques cas d'hypoglycémie. (21 cas)

Dans l'étude de Maiorana, et al. [111] .il n'y avait pas de notion de survenue des incidents au cours de la période de suivi.

## 6- Activité physique

### a .Evaluation de niveau d'activité physique des malades par le score GPAQ

Les résultats sont représenté dans le graphique suivant :

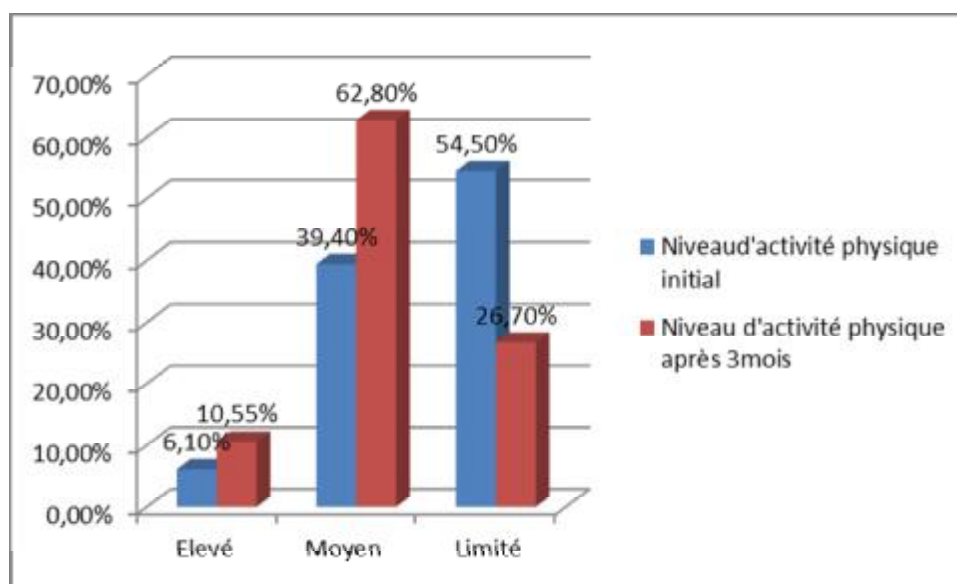


Figure 29 : Comparaison de niveau d'activité physique initiale et après 3 mois.

On comparant l'activité physique initiale, et après prescription d'activité physique on avait trouvé :

49% des patients (soit 48 malades) qui avaient initialement un niveau d'activité physique limité sont passés à un niveau d'activité physique moyen, 1% des patients (soit 1 seul malade) sont passés à un niveau d'activité physique élevé.

9,9% patients (soit 7 patients) qui avaient un niveau d'activité moyen sont passés à un niveau d'activité physique élevé. (  $p < 0,001$  )

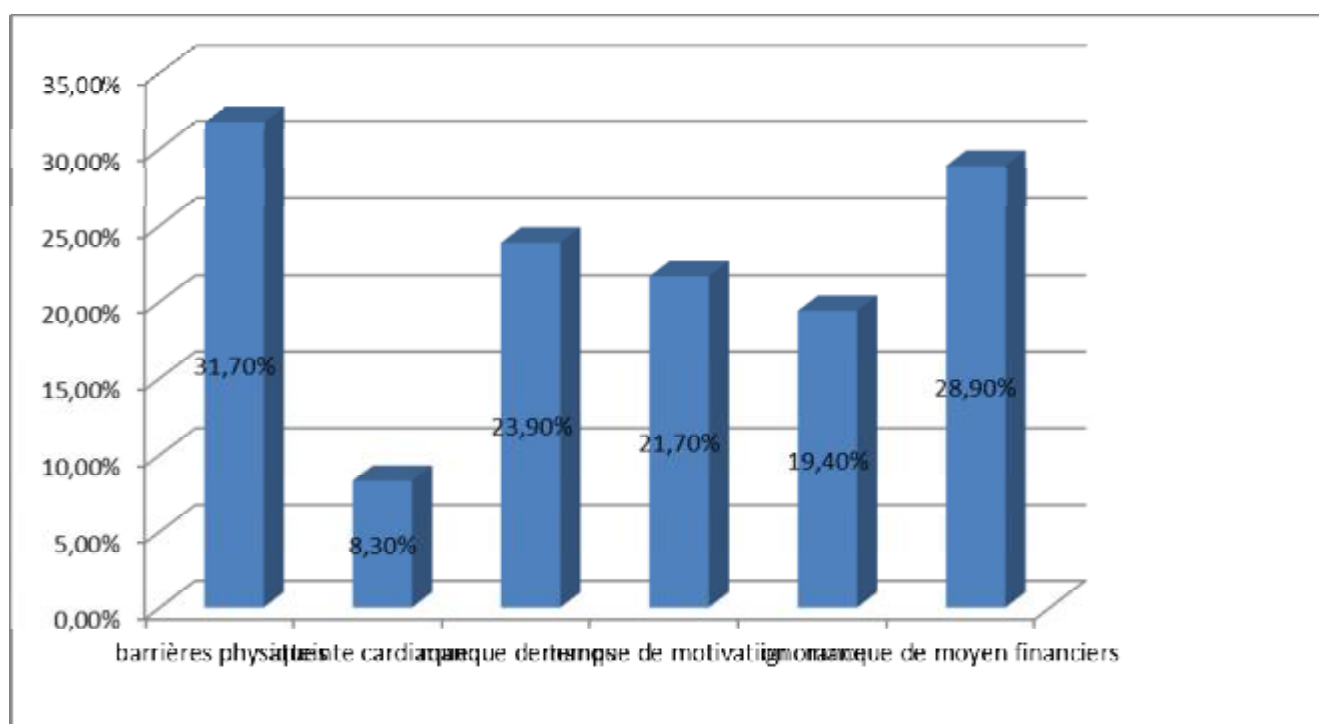


**Tableau XII : Evolution du niveau d'activité physique de la population étudiée après prescription d'activité physique**

| Niveau d'activité initiale | Niveau d'activité physique à 3 mois |       |       | total |
|----------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|
|                            | Limité                              | Moyen | élevé |       |
| Limité                     | 49                                  | 48    | 1     | 98    |
| moyen                      | 1                                   | 63    | 7     | 71    |
| Elevé                      | 0                                   | 0     | 11    | 11    |

**b .Barrières à la pratique d'activité physique :**

Après analyse de l'activité physique des nos patients on avait remarqué la présence de plusieurs barrières chez le même patient.



**Figure 18: Barrières de pratique de l'activité physique chez la population étudiée**

Ces résultats peuvent être expliqués par le manque de sensibilisation sur l'intérêt de l'activité physique par les médias, et par la non prescription de l'activité physique par les médecins.

c. Relation entre l'âge et le niveau d'activité physiqueTableau XIII : Relation entre âge et niveau d'activité physique

| Score GPAQ initial | Nombre des cas | Moyen d'âge    |
|--------------------|----------------|----------------|
| Limité             | 98             | 58,18+ / - 13  |
| moyen              | 71             | 40,81+ / - 12  |
| Elevé              | 11             | 41,15+ / - 7,2 |

D'après ces résultats on peut déduire qu'il y a une relation significative entre l'âge et le niveau d'activité physique pratiqué : plus que l'âge augmente plus le niveau d'activité physique diminue ( $p < 0,001$ ).

d.Relation entre le niveau d'activité physique et le sexe :Tableau XIV : Relation entre le niveau d'activité physique et le sexe

| Niveau d'activité physique | Femmes | Hommes |
|----------------------------|--------|--------|
| Limité                     | 53     | 46     |
| Moyen                      | 32     | 39     |
| élevé                      | 1      | 10     |
| total                      | 86     | 94     |

Selon cette comparaison , on remarque que les femmes avaient un niveau d'activité physique moins intenses par rapport au hommes avec un petit  $p=0,065$  ce qui est proche au seuil de signification, en augmentant la puissance (par augmentation du nombre de sujets inclus) dans d'autres études on pourrait éventuellement trouver une différence statistiquement significative.

e.Relation entre niveau d'activité physique initiale et HBA1cTableau XV : Relation entre le niveau de l'activité physique initiale et l'HBA1c

| Score GPAQ initial | Nombre de cas | Moyen d'HBA1c |
|--------------------|---------------|---------------|
| Limité             | 98            | 10,23         |
| Moyen              | 71            | 8,8           |
| Elevé              | 11            | 7,4           |

On comparant le niveau d'activité physique initial avec le taux de l'HBA1c initial : on constate que plus le niveau d'activité physique augmente, plus HBA1c diminue avec un  $p=0,03$  ce qui considéré comme statistiquement significatif.

f. L'Impact de l'activité physique sur le poids :Tableau XVI : évaluation de l'effet de l'activité physique initiale sur l'IMC des malades

|             | Moyen | Ecart type |
|-------------|-------|------------|
| IMC initial | 26,96 | 5,94       |
| IMC 3mois   | 26,75 | 5,40       |

Après 3 mois d'activité physique, on avait évalué l'IMC des malades qui était en moyenne de 26,75 +/-5,4, donc la diminution de l'IMC des malades était faible de 0,21 kg /m<sup>2</sup>(un  $p<0,001$ ) ce qui rejoint les données de la littérature .

-La perte de poids faible est expliqué par :

- Ø Diminution de la graisse viscérale et
- Ø Augmentation de la masse maigre.

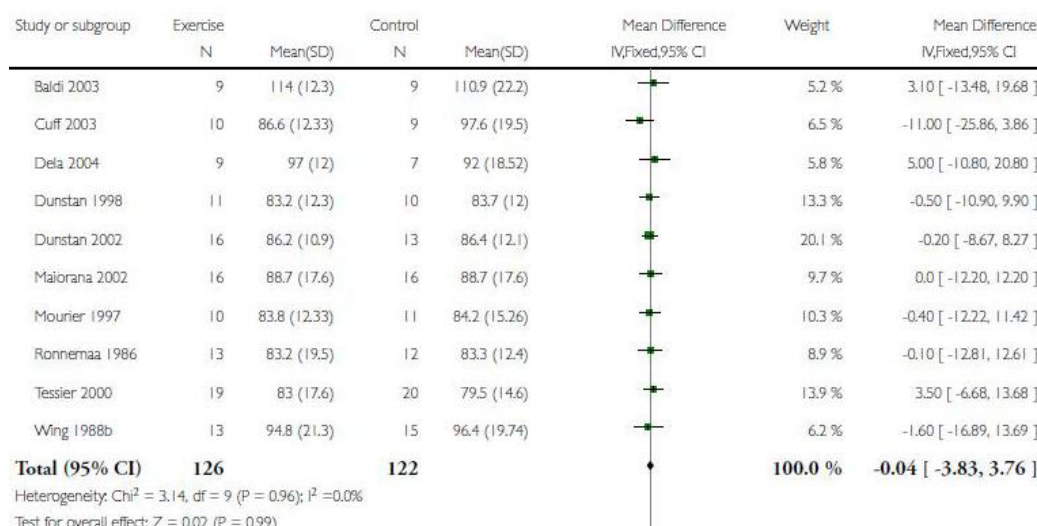


Figure 30: effet de l'activité physique sur le poids(données de la littérature)[92]

#### g.Impact de l'activité physique sur l'équilibre glycémique :

Initialement chez (180 patients) seulement 16,7% des diabétiques (57soit patients) avaient un équilibre glycémique strict avec une HbA1c  $\leq 7\%$ , 12,2% avaient un équilibre moyen HbA1c $\leq 7,9\%$ , et 37,8 % des patients (soit 71,1% ) avaient une HbA1c  $\geq 8\%$ .

Après 3 mois on note une amélioration nette de L'HBA1c (un  $p < 0,001$ )

Tableau XVII : comparaison entre l'équilibre glycémique initial et 3mois après prescription de l'activité physique :

|                        | Initialement | Après 3mois |
|------------------------|--------------|-------------|
| Bon équilibre          | 16,7%        | 31,7%       |
| Moyen équilibre        | 12,2%        | 30,6%       |
| Mauvais équilibre      | 26,7%        | 21,1%       |
| Très mauvais équilibre | 44,4%        | 16,7%       |

Selon ces résultats on note une diminution significatif moyenne du taux l'HBA1c de 1,6 %, (  $p < 0,001$ ).

On comparant notre étude avec les données de la littérature (représentées dans le tableau XVIII) on avait trouvé les résultats suivants:

**Tableau XVIII : les données de la littérature concernant les études évaluant l'impact de  
l'activité physique sur l'équilibre glycémique**

| <b>Etude</b>                | <b>Nombre de sujets (âge)</b> | <b>Traitement de diabète (durée de diabète)</b>                                                      | <b>Durée de l'étude</b> | <b>Exercice (fréquence)</b>                 | <b>HBA1c</b> |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|--------------|
| Notre étude                 | 180 cas                       | MHD ou<br>ADO ou<br>ADO+Insulinothérapie<br>Ou insulinothérapie seule<br>(moyen d'évolution=8,2 ans) | 3 mois                  | Prescription adaptée de l'activité physique | -1,6%        |
| Baldi, et al. 2003 [115]    | 18 H                          | Pas de traitement ou hypoglycémiants oraux (DT2 > 3 ans)                                             | 10 semaines             | Resistance (3 fois/semaine)                 | -0,8 %       |
| Cuff, et al. 2003 [117]     | 19 F                          | Pas de traitement ou hypoglycémiants oraux                                                           | 16 semaines             | Endurance + Resistance (3 fois/semaine)     | -0,7 %       |
| Dela, et al. 2004 [116]     | 16 HF                         | Hypoglycémiants oraux                                                                                | 3 mois                  | Endurance (5 fois/semaine)                  | -0,7 %       |
| Dunstan, et al. 1998[118]   | 27 HF                         | Pas de traitement ou hypoglycémiants oraux                                                           | 8 semaines              | Resistance (3 fois/semaine)                 | -0,8 %       |
| Dunstan, et al. 2002[112]   | 36 HF                         | Pas de traitement ou hypoglycémiants oraux                                                           | 6 mois                  | Endurance (3 fois/semaine)                  | -0,7 %       |
| Loimaala, et al. 2003[45]   | 50 HF                         | Pas de traitement ou hypoglycémiants oraux                                                           | 12 mois                 | Endurance + Resistance (3 fois/semaine)     | -0,7 %       |
| Maiorana, et al. 2002[111]  | 16 HF                         | Pas de traitement ou hypoglycémiants oraux                                                           | 8 semaines              | Endurance + Resistance (3 fois/semaine)     | -0,8 %       |
| Mourier, et al. 1997[119]   | 24 HF                         | Pas de traitement ou hypoglycémiants oraux                                                           | 8 semaines              | Endurance (3 fois/semaine)                  | -0,8 %       |
| Raz, et al. 1994[109]       | 40 HF                         | Hypoglycémiants oraux                                                                                | 12 semaines             | Endurance (3 fois/semaine)                  | 0,8 %        |
| Ronnemaa, et al. 1986[120]  | 30 HF                         | Hypoglycémiants oraux                                                                                | 4 mois                  | Endurance (5 a 7 fois/semaine)              | -0,7 %       |
| Tessier, et al. 2000[114]   | 45 HF                         | Hypoglycémiants oraux                                                                                | 16 semaines             | Endurance + Resistance (3 fois/semaine)     | -0,7 %       |
| Tsujiuchi, et al. 2002[121] | 26 HF                         | Hypoglycémiants oraux                                                                                | 4 mois                  | Endurance (1 fois/semaine)                  | -0,7 %       |
| Wing, et al. 1988[110]      | 30 HF                         | Non accessible                                                                                       | 10 semaines             | Endurance (4 fois/semaine)                  | -0,8 %       |
| Yeater, et al. 1990[122]    | 16 HF                         | Hypoglycémiants oraux                                                                                | 2 mois                  | Endurance (3 fois/semaine)                  | NA           |

Ces résultats pouvaient être expliqué par :

le nombre de cas dans notre étude est plus élevé en comparaison avec d'autres études.

On plus de l'activité physique prescrite, nos patients avaient bénéficié

D'une éducation sur le régime alimentaire ,ainsi dans certains cas d'une modifications des autres traitement médicamenteux .

La signification clinique d'une diminution du taux d'HbA1c de 1,6 %, obtenue sans perte de poids, peut être appréciée en comparant les grandes études prospectives d'intervention ayant examinées les effets de la variation du taux d'HbA1c sur la morbidité et la mortalité des sujets DT2. Une interprétation épidémiologique des résultats de l'UKPDS (United Kingdom prospective diabetes study) suggère qu'une augmentation de 1 % du taux d'HbA1c représente une augmentation de 21 % du risque de complications du DT2, une augmentation de 21 % du risque de décès lié au DT2 (toutes causes confondues), une augmentation de 14 % du risque d'infarctus du myocarde et de 37 % du risque de complications microangiopathiques. Les mêmes auteurs ont montre qu'il n'y avait pas de seuil d'HbA1c pour la survenue de complications et que, toute réduction du taux d'HbA1c pouvait être associée a un risque moindre de complications, le risque le plus faible étant retrouve chez ceux qui ont un taux d'HbA1c normal ( $< 6\%$ )[8] .

Donc La diminution moyenne d'HbA1c de 1,6 % en rapport avec une activité physique régulière devrait donc avoir des effets bénéfiques sur la mortalité, la morbidité cardiovasculaire des diabétiques, sans oublier les autres effets bénéfiques de l'activité physique régulière sur les paramètres métaboliques (autres que la glycémie) et vasculaires.

Il reste cependant à réaliser des études de long durée (plus d'un an) afin d'apprécier les effets bénéfiques de cette activité physique à long terme, de déterminer

si d'autres paramètres que le taux d'HbA1c se modifient a plus long terme (en particulier le poids) et surtout de montrer que la baisse du taux d'HbA1c et l'amélioration de l'équilibre glycémique se maintiennent [96].

Dans l'étude de Raz et al. [109], le suivi réalisé 12 mois après la fin de l'intervention (d'une durée de 12 semaines) montrait que les participants qui continuaient l'exercice maintenaient l'amélioration de leur équilibre glycémique, contrairement a ceux qui avaient arrêté.

# CONCLUSION



L'activité physique fait partie intégrante de la prise en charge thérapeutique du diabète de type 2, prescrite d'une manière adaptée et progressive a montré son effet favorable sur l'équilibre glycémique

Évaluer le degré de motivation du patient à modifier son comportement et à intégrer l'activité physique dans son mode de vie est une étape fondamentale de la prise en charge et de la prescription. La réévaluation régulière de cette motivation, tout comme celle de l'activité physique, de ses conséquences et des objectifs est tout aussi nécessaire.

# RESUMES

## Résumé

L'activité physique fait partie intégrante de la prise en charge du diabète de type 2. Pratiquée de manière régulière et adaptée, l'activité physique a de nombreux effets favorables sur de nombreux facteurs de risque cardiovasculaires. L'objectif général de cette étude était d'évaluer l'impact de l'activité physique dans la prise en charge du diabète de type 2.

Il s'agit d'une étude prospective interventionnelle qui couvre une période de 3mois, réalisée chez 180 malades diabétiques consultant au service de Diabétologie du CHU Hassan II de Fès et évaluant l'activité physique chez ces patients avant et après prescription personnalisée d'une activité physique à l'aide du questionnaire mondial d'activité physique GPAQ.

L'âge moyen des patients était de 55ans (23-80 ans), avec une durée moyenne d'évolution de diabète de 8,2 ans+/-7,2 (1-34 ans) , après évaluation de l'activité physique , on a trouvé que 54,5% des malades avaient une activité physique limitée et 39,4% avaient un niveau d'activité physique moyen et seulement 6,1 % des malades avaient un niveau d'activité physique élevé , la prescription de l'activité physique a permis l'amélioration du niveau d'activité physique des malades. L'indice de masse corporelle de la population étudiée était en moyenne de 26,96 kg+/-5,4 et après prescription d'une activité physique on a remarqué une diminution faible de IMC des malades de 0,21 kg /m<sup>2</sup> avec un p0,001 ,25malades (13.9%) présentaient une contre indication a l'activité physique intense, avec une prescription très progressive des activités d'intensité faible à modérée .On a pas noté de Complications au cours de la période de suivie en rapport avec la prescription de l'activité physique. Après 3 mois on note une diminution moyenne de taux l'HBA1c de 1,6 % ( p :0,001).

La diminution moyenne d'HbA1c de 1,6 % en rapport avec une activité physique régulière devrait donc avoir des effets bénéfiques sur la mortalité, la morbidité cardiovasculaire des diabétiques, sans oublier les autres effets bénéfiques de l'activité physique régulière sur les paramètres métaboliques (autres que la glycémie) et vasculaires.

## ABSTRACT

Physical activity is an integral part of the management of type 2 diabetes. Practiced regularly and adapted, physical activity has many favorable effects on many cardiovascular risk factors. The general objective of this study was to evaluate the impact of physical activity in the management of type 2 diabetes.

-This is a prospective, interventional study that covers a period of 3 months, performed in 180 diabetic patients consulting the Department of Diabetology of the CHU Hassan II of Fez and evaluating the physical activity in these patients before and after personalized prescription of Physical activity using the GPAQ Global Physical Activity Questionnaire.

The average age of the patients was 55 years (23-80 years), with an average duration of diabetes of 8.2 years (1-34 years), after evaluation of physical activity, it was found that 54.5% of the patients had limited physical activity and 39.4% had an average level of physical activity and only 6.1% of the patients had a high level of physical activity, the prescription of physical activity allowed The improvement of the level of physical activity of the patients. The body mass index of the study population averaged 26.96 kg +/- 5.4 and after prescribing physical activity there was a small decrease in BMI of 0.21 kg / m<sup>2</sup> patients with P0.001, 25 patients (13.9%) had a contraindication to intense physical activity, with a very gradual prescription of activities of low to moderate intensity. Complications were not observed during the follow-up period in relation to The prescription of physical activity. After 3 months there was an average decrease in HBA1c of 1.6% (p: 0.001).

The average decrease in HbA1c of 1.6% in relation to regular physical activity should therefore have beneficial effects on the mortality, cardiovascular morbidity of diabetics, and other beneficial effects of regular physical activity on the parameters Metabolic (other than blood glucose) and vascular.

مطلق

الشكل ١٠: مضاعفات مرض السكري من النوع الثاني، ممارسة النشاط البدني على نحو منتظم ومناسب  
العدد من الآثار الإيجابية عديدة من عوامل الخطر الأولية (زيادة ضغط الدم، الكوليسترول HDL، الهيموغلوبين A1c).

الهدف ١ : لهذه الدراسة هدفين أساسيين هما :  
١- التعرف على مدى انتشار مرض السكري في المجتمع السعودي.  
٢- التعرف على مدى وعي المجتمع السعودي بمرض السكري وأعراضه وأخطار مضاعفاته.

الولاية لاسي جريه ا هي واسطه تطلاعية تغطي ترة 3 أشهره تكون الحينه لاتي سنجري ليه الولاية من 180  
مريضكا اناو القنف اداو لم تقيد لم سد تقى شد ظلم بدني لم تعم لمد تطلع تعيد لم لشد اظ بدني لم سد تقى لم نظمة اطلع المية .

- متوسط عمرا لمرضى كان هو 55 سنة ( 23-80 سنة) كانت للاقدمية مض المذكرى في المتوسط 8.2 + / - 7.2 سنوات ( 1 - 34 سنة) .

باعتبارهم الشلل دني لمرضا ناجدنا أن 54,5% من لمرضى كان يهم مستوى الشلل دني 39,4% كان يهم مستوى الشلل دني متوسط فقط 6,1% كان يهم مستوى الشلل دني عالي وقد لاحظنا عدانتها م دلتا در لمدة وجدنا أن وصف الشلل دني مكن من تحديد مستوى الشلل دني لمرضى.

فيدرلينا، كان مؤشر كتلة الجسم من عينا في در لدة بين 16 و 41 كجم / متر مربع بمتوسط 26.96 ± -  
5.4 عدد وصف الشلل البدني كعلاج لمضاد الكري أصبح مؤشر كتلة الجسم 26.75 كجم / م 5.4 ± - ، مع <0.001

25٪ أيضاً (13,9%) كان يهيم مانع منزلة الشلل بالذلي عالي ديفت فانو امن وصفت دريدي لشلل دني نو  
 مستوي متدي إلى متوسط هؤلاء لمرضى كانوا اقتدقوا ايضا بح بديلة لدد من المدا لولك لستقر وشجيع الشلل دني الأدنى في  
 الاديا لقيومية. مع الوصف لدريدي لأشطن اكنثا فنه خدضة إلى عدلة خلال أشطن ديا لقيومية وبعض الأشطنه فيهيية.  
 لم نلاحظو قوع مضاعفات خلال فترة متابعة في هتعلق بوصف الشلل دني.

بعد 3 أشهر كان هناك انخفاض ملحوظ في موك لودين المدكري بنسبة 1.6% ، مع  $p < 0.001$

إن انخفاض الفلجيموك لوبدين المذكري 1.6% مقارنة مع الشلل والداء المنتظ ينبغي أن تكون له آثار يده على فيات وأمرطلة على الأوعية الدموية عند مضامذكري، ناهيك على الأخرى من ممارسة الشلل دنيا انتظام على لمات الأضيا الأخرى (بخلاف المذكري) الأوعية الدموية.

# ANNEXES

## Annexe 1:Fiche d'exploitation

### Evaluation de l'activité physique chez les diabétiques de type 2

#### Partie I :

##### Identité du patient :

Nom , Prénom : .....

IP : .....

Age : .....

Situation familiale :      Célibataire ☐      marié ☐      Divorcée ☐      veuve ☐

Profession : .....

Niveau socio-économique : .....

Téléphone : .....

#### Partie II :

##### Diabète : histoire de la maladie

Mode de découverte fortuite ☐ :      systématique ☐ :      à l'occasion des ☐

complications\_ : si oui : lesquelles,      devant des manifestations

cliniques :      si      oui

lesquelles : .....

Date de découverte : .....

Le traitement : .....

##### Facteurs génétique :

\* notion d'hérédité familiale

Membre de famille diabétique :      Oui ☐      Non ☐

HTA ? :      Oui ☐      Non ☐

Athérosclérose ? :      ☐ Oui      Non ☐



\*Degré de parenté ?.....

Facteurs environnementaux :

Habitudes alimentaires :

Régime alimentaire suivi ?      Oui ☐      Non ☐

Mode de vie :

Tabac ?      Oui ☐      Non ☐

Alcool ?      Oui ☐      Non ☐

Drogue ?      Oui ☐      Non ☐

Facteurs de risque cardio vasculaire :

Age

Menopause : Oui ☐      Non ☐

HTA : Oui ☐      Non ☐

Dyslipédimie : Oui ☐      Non ☐

Autres :

Partie III

Paramètre à explorer : (examen physique)

Taille.....m      poids.....kg      TT .....cm

Index de masse corporelle (IMC) :.....kg / m<sup>2</sup>

Etat général :      obèse ☐      normal ☐      maigre ☐

TA :      mmhg

Examen cardio-vasculaire

Examen des pieds :

Bilan réalisé :

Glycémie à jeun :.....g/l

HbA1c.....

Bilan lipidique : CT :

TG :

HDL :

LDL :

Acide urique

Bila rénal

ECG

Echo doppler cardiaque

Echo des TSA et artères des Membres inférieurs

FO

Autres :

#### Partie IV : prescription de l'activité physique

##### Limites a la prescription d'activité physique :

-Statut dégénératif

Ø Microangiopathie :

Ø Macroangiopathie

- bilan musculo-squelettique :

Arthrose :

Autres :

- autres :

- degré de motivation :stades de prochaska

ü Pré-contemplatif

ü Contemplatif

ü Actif

-Evaluation de l'activité physique initiale : questionnaire GPAQ

| Question                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Réponse                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Activités au travail</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                   |
| 1-Est-ce que votre travail implique des activités physiques de forte intensité qui nécessite une augmentation conséquente de la respiration ou du rythme cardiaque, comme [soulever des charges lourdes, travailler sur un chantier, effectuer du travail de maçonnerie] pendant au moins 10 minutes d'affilée ? | Oui<br><br>Non<br>(si non aller a la question 4)  |
| 2-Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des activités physiques de forte intensité dans le cadre de votre travail ?                                                                                                                                                                        | Nombres de jours                                  |
| 3-Lors d'une journée habituelle durant laquelle vous effectuez des activités physiques de forte intensité, combien de temps consacrez-vous à ces activités ?                                                                                                                                                     | Heures<br>minutes                                 |
| 4-Est-ce que votre travail implique des activités physiques d'intensité modérée, comme une marche rapide ou [soulever une charge légère] durant au moins 10 minutes d'affilée ?                                                                                                                                  | Oui<br><br>Non<br>(si non aller a la question 7)  |
| 5-Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des activités physiques d'intensité modérée dans le cadre de votre travail ?                                                                                                                                                                       | Nombres de jours :                                |
| 6-Lors d'une journée habituelle durant laquelle vous effectuez des activités physiques d'intensité modérée, combien de temps consacrez-vous à ces activités ?                                                                                                                                                    | Heures :<br>Minutes :                             |
| <b>Se déplacer d'un endroit à l'autre</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                   |
| 7-Est-ce que vous effectuez des trajets d'au moins 10 minutes à pieds ou à vélo ?                                                                                                                                                                                                                                | Oui<br><br>Non<br>(si non aller à la question 10) |
| 8-Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des trajets d'au moins 10 minutes à pied ou à vélo ?                                                                                                                                                                                               | Nombres de jours :                                |
| 9-Lors d'une journée habituelle, combien de temps consacrezvous à vos déplacements à pied ou à vélo ?                                                                                                                                                                                                            | Heures<br>Minutes                                 |

| Activités de loisirs                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 10-Est-ce que vous pratiquez des sports, du fitness ou des activités de loisirs de forte intensité qui nécessitent une augmentation importante de la respiration ou du rythme cardiaque comme [courir ou jouer au football] pendant au moins dix minutes d'affilée ?                         | Oui<br>Non<br>(si non aller à la question13)  |
| 11-Habituellement, combien de jours par semaine pratiquez-vous une activité sportive, du fitness ou d'autres activités de loisirs de forte intensité ?                                                                                                                                       | Nombres de jours :                            |
| 12-Lors d'une journée habituelle, combien de temps y consacrez-vous ?                                                                                                                                                                                                                        | Heures<br>minutes                             |
| 13-Est-ce que vous pratiquez des sports, du fitness ou des activités de loisirs d'intensité modérée qui nécessitent une petite augmentation de la respiration ou du rythme cardiaque comme la marche rapide [faire du vélo, nager, jouer au volley] pendant au moins dix minutes d'affilée ? | Oui<br>Non<br>(si non aller à la question 16) |
| 14-Habituellement, combien de jours par semaine pratiquez-vous une activité sportive, du fitness ou d'autres activités de loisirs d'intensité modérée ?                                                                                                                                      | Nombres de jours                              |
| 15 Lors d'une journée habituelle, combien de temps y consacrez-vous ?                                                                                                                                                                                                                        | Heures<br>minutes                             |
| Comportement sédentaire                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                               |
| 16-Combien de temps passez-vous en position assise ou couchée lors d'une journée habituelle ?                                                                                                                                                                                                | Heures<br>minutes                             |

## Partie IV

### Evaluation de l'activité physique après 3mois

#### Paramètre à explorer : (examen physique)

Taille.....m                      poids.....kg                      TT .....cm

Index de masse corporelle (IMC) :.....kg/m<sup>2</sup>

Etat général :                      obèse ☐                      normal ☐                      maigre ☐

TA :                      mmhg

Examen cardio-vasculaire

Examen des pieds :

#### Bilan réalisé :

Glycémie à jeun :.....g/l

HbA1c.....

Bilan lipidique : CT :                      TG :                      HDL :

LDL :

Autres :

#### Evaluation de l'activité physique a 3 mois : questionnaire GPAQ

Annexe 2 : Questionnaire mondiale d'activité physique GPAQ

| Question                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Reponse                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Activités au travail</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                  |
| 1-Est-ce que votre travail implique des activités physiques de forte intensité qui nécessite une augmentation conséquente de la respiration ou du rythme cardiaque, comme [soulever des charges lourdes, travailler sur un chantier, effectuer du travail de maçonnerie] pendant au moins 10 minutes d'affilée ? | Oui<br><br>Non<br>(si non aller a la question 4) |
| 2-Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des activités physiques de forte intensité dans le cadre de votre travail ?                                                                                                                                                                        | Nombres de jours                                 |
| 3-Lors d'une journée habituelle durant laquelle vous effectuez des activités physiques de forte intensité, combien de temps consacrez-vous à ces activités ?                                                                                                                                                     | Heures<br>minutes                                |
| 4-Est-ce que votre travail implique des activités physiques d'intensité modérée, comme une marche rapide ou [soulever une charge légère] durant au moins 10 minutes d'affilée ?                                                                                                                                  | Oui<br>Non<br>(si non aller a la question 7)     |
| 5-Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des activités physiques d'intensité modérée dans le cadre de votre travail ?                                                                                                                                                                       | Nombres de jours :                               |
| 6-Lors d'une journée habituelle durant laquelle vous effectuez des activités physiques d'intensité modérée, combien de temps consacrez-vous à ces activités ?                                                                                                                                                    | Heures :<br>Minutes :                            |
| <b>Se déplacer d'un endroit à l'autre</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                  |
| 7-Est-ce que vous effectuez des trajets d'au moins 10 minutes à pieds ou à vélo ?                                                                                                                                                                                                                                | Oui<br>Non<br>(si non aller à la question 10)    |
| 8-Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des trajets d'au moins 10 minutes à pied ou à vélo ?                                                                                                                                                                                               | Nombres de jours :                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 9-Lors d'une journée habituelle, combien de temps consacrez-vous à vos déplacements à pied ou à vélo ?                                                                                                                                                                                       | Heures<br>Minutes                             |
| <b>Activités de loisirs</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |
| 10-Est-ce que vous pratiquez des sports, du fitness ou des activités de loisirs de forte intensité qui nécessitent une augmentation importante de la respiration ou du rythme cardiaque comme [courir ou jouer au football] pendant au moins dix minutes d'affilée ?                         | Oui<br>Non<br>(si non aller à la question13)  |
| 11-Habituellement, combien de jours par semaine pratiquez-vous une activité sportive, du fitness ou d'autres activités de loisirs de forte intensité ?                                                                                                                                       | Nombres de jours :                            |
| 12-Lors d'une journée habituelle, combien de temps y consacrez-vous ?                                                                                                                                                                                                                        | Heures<br>minutes                             |
| 13-Est-ce que vous pratiquez des sports, du fitness ou des activités de loisirs d'intensité modérée qui nécessitent une petite augmentation de la respiration ou du rythme cardiaque comme la marche rapide [faire du vélo, nager, jouer au volley] pendant au moins dix minutes d'affilée ? | Oui<br>Non<br>(si non aller à la question 16) |
| 14-Habituellement, combien de jours par semaine pratiquez-vous une activité sportive, du fitness ou d'autres activités de loisirs d'intensité modérée ?                                                                                                                                      | Nombres de jours                              |
| 15 Lors d'une journée habituelle, combien de temps y consacrez-vous ?                                                                                                                                                                                                                        | Heures<br>minutes                             |
| <b>Comportement sédentaire</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                               |
| 16-Combien de temps passez-vous en position assise ou couchée lors d'une journée habituelle ?                                                                                                                                                                                                | Heures<br>minutes                             |

### Annexe 3 : Questionnaire GPAQ en arabe

| ( للمساعدة ) النشاط البدني                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                             |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------|
| <p>ولأن سوف نأخذ لك على لوقت الذي تمضي به بممارسة أنواع مختلفة من النشاط البدني لتتقديها في الأسبوع العادي. أرجو الإجابة على هذه الأسئلة لتدتي لولم تقرر يضرياً. فكل أولاً لوقت الذي تمضي به في العمل. أكل بأجر أو بدون أجر ، أعمال منزلية ، صناد أو صديق. (دخال مثله أخرى إذا دعت الحاجة) في حالة الإجابة على الأسئلة التالية يميز في تعريف الأعمال التي تتطلب جهداً شاقاً على أنها أعمال تنبنيها في التنفس أو بلع في القلب والأعمال التي تتطلب للجله دال لم توطع على أنها التي تنبنيها في التنفس في التنفس وإسراع القلب</p> |                                             |          |
| الأسئلة                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | الاستجابة                                   | الترميز  |
| النشاط البدني في محيطك                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                             |          |
| هل من الممكن أن يتوجب شاطئاً يسبحه دكيرة في التنفس وإسراع ضربك القلب مثلاً (الحاكي ثقلي ، لحفر ، وشدة بناء) مدة غرقاً ثق متوسطة على الأقل ؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>نعم 1</p> <p>لا 2</p>                    | P1       |
| كم من أيام الأسبوع العادي يتوجب عليك شاطئاً كجزء من عملك ؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>عدد الأيام 1</p>                         | P2       |
| كم من الوقت في ليومك العادي تتغرق لإنجازها في الشاطئ ؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>ساعة دقيقة : 1</p> <p>ساعة دقيقة : 2</p> | P3 (a-b) |
| هل يشهد ملك أشد توتراً في التنفس وإسراع ضربك القلب مثلاً (لشي لسريع دلي ألياً عفيفة لوزن) مدة غرقاً ثق على الأقل ؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>نعم 1</p> <p>لا 2</p>                    | P4       |
| كم من أيام الأسبوع العادي يتوجب عليك بذل شاطئاً كجزء من عملك ؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>عدد الأيام 1</p>                         | P5       |
| كم من الوقت في ليومك العادي يتغرق مثلك قيام بشاطئاً كجزء من عملك ؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>ساعة دقيقة : 1</p> <p>ساعة دقيقة : 2</p> | P6 (a-b) |



| النشاط البدني لها علاقة بالنقل من مكان إلى آخر                                                                                                                                             |                                                   |                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>الأسئلة لها لية ليل لها علاقة بالنقل من مكان إلى آخر</p> <p>أود أن أسألك لأن عطره قفلة من وإلى ما كنت تباديه ثم تلاحظ إلى عطره تسوق ، لطيلة.</p> <p>( ادخل بطا م ثلثة ذا لزم لأمر )</p> |                                                   |                                                                                                       |
| P7                                                                                                                                                                                         | <p>1 نعم</p> <p>P10 ذهب إلى إذا لا 2 لا</p>       | <p>هل تسير على الأقدام أو ترك درجة من وإلى ما كنت معيذلة مدة</p> <p>عشر دقائق متعديلة على الأقي ؟</p> |
| P8                                                                                                                                                                                         | <p>عدد الأيام</p>                                 | <p>كم ماً في الأسبوع لعادي تستع لها لدرجة أو تسير من وإلى ما كنت معيذة ؟</p>                          |
| P9<br>(a - b)                                                                                                                                                                              | <p>ساعة دقيقة :<br/>ساعة دقيقة<br/>ساعة دقيقة</p> | <p>كم من الوقت في لمد معديت غرق تذا لدرجة أو</p> <p>سيراً على الأقدام في ليولم لعادي</p>              |

| النشطة تر فيهية لانتعلق لعل مل                                                                                                                                                                         |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>الأسئلة التالية تسأل عن نشاطك لتتقن قوّمها خلال وقت الفراغ لاستجّد مام ثلاً لرياضة أو لاستجّد مام. لا تحدث عن الأنشطة البدنية المتعلّقة بما لم تمارسها من قبل. (ادخلي بطعن مثلاً إذا لزم الأمر)</p> |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                    |
| التمرين                                                                                                                                                                                                | الاستجابة                                        | الأسئلة                                                                                                                                                                                                                            |
| P10                                                                                                                                                                                                    | <p>1 نعم</p> <p>P13 اذهب إلى ذا لا 2 لا</p>      | <p>هل يقد من وقت الفراغ نشاطاً أسوأ من أن لرياضة الأولية</p> <p>البدنية أو النشاطات الترفيهية ويتسبب في زيادة في التنفس وعدد ضربات القلب مقي (الجرى أو كرة قدم) مدة عشرة دقائق متواصلة؟</p> <p>ستدخلن ما توافرن ما ذيل توضيحية</p> |
| P11                                                                                                                                                                                                    | <p>عدد الأيام</p> <p>1</p>                       | <p>كم يوماً في الأسبوع لعادية قوم بنشاطك كجزء من وقت فراغك؟</p>                                                                                                                                                                    |
| P12 (a-b)                                                                                                                                                                                              | <p>ساعة دقيقة</p> <p>1 : 1</p> <p>ساعة دقيقة</p> | <p>كم ساعة في ليوم لعادية تغرق لإنجازها ذل نشاط؟</p>                                                                                                                                                                               |
| P13                                                                                                                                                                                                    | <p>1 نعم</p> <p>P16 اذهب إلى ذا لا 2 لا</p>      | <p>هل يشدلى وقت فراغك أنشطة متوسطة إلى هده، مقي (لشي لسريع ، ركوب دراجة أو حلي ثبدا عفيفة لوزن هباحة - كرة ليد ) لمدة عشرة دقائق على الأقل؟</p> <p>ستدخلن ما توافرن ما ذيل توضيحية</p>                                             |
| P14                                                                                                                                                                                                    | <p>عدد الأيام</p> <p>1</p>                       | <p>كم يوماً في الأسبوع قوم بأشغطة تدلة كجزء من وقتك الفراغ؟</p>                                                                                                                                                                    |
| P15 (a-b)                                                                                                                                                                                              | <p>ساعة دقيقة</p> <p>1 : 1</p> <p>ساعة دقيقة</p> | <p>كم من الوقت تغرق في ليلهم ذل نشاط في يوم عادي؟</p>                                                                                                                                                                              |

| (موسعة) المتطلبات البدنية                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                |                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| سألوكم كيف لكم المال البدني                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                |                                                       |
| <p>الأسئلة التي تتعلق بوضع الجلوس أو السجل أو قاء عندنا على أو في البيت والذهاب من وإلى بطلاً ماكن مع المدة قاء وهي شدة في الوقت<br/>         الممنه في الجلوس ، أو السفر للسيارة ، أو لبطال له أقطار له لأوقراء ، أو المبلورق ، أو مشاهدات لفزيون لكن لا شدة في أوقات النوم</p> |                                                                |                                                       |
| P16<br>(a-b)                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>الوقت :<br/>         ساعة دقيقة<br/>         ساعة دقيقة</p> | <p>كم من الوقت ضيعة السملوت قياً في ليولم لعادي ؟</p> |

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Didier C. Activité physique et diabète [Thèse]. Nancy : Université HERNI POICAIRE ; Faculté de Pharmacie ; Le 13 mai 2005. p104.
- [2] « Le diabète, ce sont 24.000 décès par an au Maroc » Panoramapost du 07/04/2016.
- [3] Mohamed Ali Mrabi « Diabète : un inquiétant tableau de bord » L'économiste Edition N :4746 du 07/04/2016 page 27 - 28
- [4] Bertin N, Fauconnier I, Kozon B, et al. Remise à l'activité physique dans le diabète de type 2 : une collaboration entre fédération sportive et cliniciens. CHRU de Lille, France Communication affichée, SFD 2015
- [5] Oppert JM. L'activité physique comme moyen de traitement du diabète de type 2 : l'aspect concret et interventionnel. Annales d'Endocrinologie Vol 65, N° SUP 1 - février 2004 pp. 158 .
- [6] Chudyk A, Petrella RJ.  
Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. Diabetes Care 2011;34(5):1228e37.
- [7] OMS. Questionnaire mondial sur la pratique d'activités physiques (GPAQ) Guide pour l'analyse, Genève (Suisse) 2006.
- [8] Postel-Vinay N, Duclos S M, DEJAGER S, et al. Physical activity in patients with type 2 diabetes and hypertension insights into motivations and barriers. Vasc Health Risk Manag. 2015; 11: 361–371.
- [9] Prochaska J. O., Diclemente C. C. « Toward a Comprehensive Model of Change ». In : MILLER WR, HEATHER N, Éd. Treat. Addict. Behav. [s.l.] : Springer US, 1986. p. 3-27.
- [10] Aufrère P. Prescription des activités physiques chez les patients diabétiques de type 2 : quelles sont les habitudes et les difficultés des médecins généralistes et endocrinologues libéraux de la Haute-Vienne ?  
[Thèse] .Limoges :Université de Limoges 2014 .228p

- [11] Tessier S . Effets bénéfiques de l'activité physique sur la qualité de vie liée à la santé et la corpulence : une approche épidémiologique et évaluative [Thèse]. Nancy : Faculté de Médecine de Nancy ; Janvier 2008.p311.
- [12] Jacobi D. Mesure de l'activité physique en condition de vie courante : validité et applications chez les sujets peu actifs. [Thèse] . Université de Francois Rabelais ; 2011 .p164
- [13] Duclos M, Oppert JM , Vergès B , et al . Activité physique et diabète de type 2.Référentiel de la Société francophone du diabète (SFD), Février 2012 - Vol. 6 - N°1.
- [14] J.-L. Schlienger. La prise en charge hygiéno-diététique du diabète de type 2 : première étape de l'itinéraire. Médecine des Maladies Métaboliques, 2016 Vol 10, Issue 2, P 101-6
- [15] Association canadienne du diabète. Activité physique et diabète : Comité d'experts des Lignes directrices de pratique clinique de l'Association canadienne du diabète .Can J Diabetes 37 (2013) . S361eS364.
- [16] Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Expertise collective. Activité physique – Contextes et effets sur la santé. Collection Expertise collective. Paris : Éditions Inserm, mars 2008.
- [17] « OMS | Qu'entend-on par activité physique modérée ou intense? ». In : WHO. [s.l.] : [s.n.], [s.d.].
- [18] Pellegrin N. Aide à la prescription d'activité physique : enquête auprès des médecins généralistes de la zone Lens-Hénin. [Thèse].Nancy :Faculté des droits de la santé ; 2014 .p145 .

- [19] Zidi Erwan M. Constitution et validation de cahiers d'observation visant à explorer les freins à la prescription de l'activité physique régulière en soins primaires dans le cadre d'une étude Pilote.[Thèse]. Paris :Université de Paris Val de Marine ;2011.p :109.
- [20] Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports, Exerc* 2000;32(9 Suppl):S498-504.
- [21] Trivel D, Léger L, Calmels P. Estimation de l'aptitude physique par questionnaire. *Science & Sports* 21 (2006) 121–130
- [22] Vuillemin A, Speyer E, Chantal S et al . Revue critique des questionnaires d'activité physique administrés en population française et perspectives de développement,. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2012.47(5):234–241.
- [23] Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9 Suppl):S498-504.
- [24] Lazarevic G, Antic S, Vlahovic P, et al. Effects of aerobic exercise on microalbuminuria and enzymuria in type 2 diabetic patients. *Ren Fail* 2007;29:199-205.
- [25] Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, et al. Compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1575—81.
- [26] Ridley K, Ainsworth BE, Olds TS. Development of a compendium of energy expenditures for youth. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2008;5:8III45
- [27] Validation questionnaire OMS GPAQ - École de santé publique - Nancy  
Proposition de sujet de Master pour la rentrée universitaire 2012-2013

- [28] Bull FC, Maslin TS, Armstrong T. Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study. *J Phys Act Health*. 2009 6(6):790-804.
- [29] Cleland et al . Validity of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) in assessing levels and change in moderate-vigorous physical activity and sedentary behaviour . *BMC Public Health*2014 ;14:1255
- [30] Berthouze SE, Minaire PM, Chatard JC,et al.New tool for evaluating energy expenditure: the “QAPSE” development and validation. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:1405—14.
- [31] Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, et al .Computer-assisted assessment of life time physical activity: reliability and validity of the QUANTAP software. *Sante Publique*. 2000 Apr;48(2):157-67.
- [32]Robert H, Casillas JM, Iskandar M, et al . The Dijon Physical Activity Score: reproducibility and correlation with exercise testing in healthy elderly subjects.*Ann Readapt Med Phys* 2004;47:546—54.
- [33] Gart M, Degache F, Costes F, et al.DAQIHF: methodology and validation of a daily activity questionnaire in heart failure. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1275—82.
- [34] essier S, Vuillemin A, Briancon S.Propriétés psychométriques d'un questionnaire de mesure de l'activité physique chez l'enfant scolarisé âgé de six à dix ans : QAPE-semaine. *Sci Sports* 2007;22:224—31
- [35] Suto Barreto P, Ferrandez AM, Saliba-Serre B. Questionnaire d'activité physique pour les personnes âgées(QAPPA) :Validation d'un nouvel instrument de mesure en langue Française. *Sci Sports* 2010;26:11—8.
- [36] Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A Short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr* 1982;36:936—42.



- [37] Kriska AM, Knowler WC, LaPorte RE, et al. Development of questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care* 1990;13:401—11.
- [38] Trivel D, Calmels P, Leger L, et al. Validity and reliability of the Huet questionnaire to assess maximal oxygen uptake. *Can J Appl Physiol* 2004;29:623—38.
- [39] Craig CL, Marshall AL, Sjostrom M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003 Aug .35(8):1381-95.;
- [40] Hagstromer M, Oja P, Sjostrom M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and onstruct validity. *Public Health Nutrition* 2006;9:755—62.
- [41] Criniere L, Lhommet C, Caille A, et al. Reproducibility and validity of the French version of the long international physical activity questionnaire in patients with type 2 diabetes. *J Phys Act Health* ,2011;8:858—65.
- [42] Centers for Disease Control and Prevention National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. Physical Activity and Health ,A Report of the Surgeon General :U.S. departement of Health and Human services .1996.
- [43] SIMON C., CHABRIER G. « Comment prescrire l'activité physique en pratique médicale ? ». *Ann. Endocrinol.* avril 2005. Vol. 66, n°2, Part 3, p. 29-35
- [44] Leermakers EA, Dunn AL, Blair SN. Exercise management of obesity. *Med Clin North Am* 2000 ; 84 : 419-40.
- [45] GULVE E. A.« Exercise and glycemic control in diabetes: benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy ». *Phys. Ther.* novembre 2008. Vol. 88, n°11, p. 1297-1321.
- [46] RICHTER E. A., DERAIVE W., WOJTASZEWSKI J. F. P. « Glucose, exercise and insulin: emerging concepts ». *J. Physiol.* 1 septembre 2001. Vol. 535, n°Pt 2, p. 313-322

- [47] Monard H , Flandrois R.Physiologie du sport :bases physiologiques des activités physiques et sportives .5<sup>ème</sup> édition .Paris :Masson 2003.277p .
- [48] Gautier J. F , Mauvais-Javis F ,Sobngwi E. Effets métaboliques de l'activité physique chez le diabétique de type 2.In :journées annuelles de diabétologie de l'Hôtel-Dieu .Paris :Flammarion médecine sciences, 79\_93 .
- [49] Pan XR, Li GW, Hu YH, et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. Diabetes Care 1997;20:537-44.
- [50] Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, et al. Finnish Diabetes Prevention Study Group. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in life style among subjects with impaired glucose tolerance. N Engl J Med 2001;344:1343-50.
- [51] Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, et al. Diabetes Prevention Program Research Group : Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. N Engl J Med
- [52] Kosaka K, Noda M, Kuzuya T. Prevention of type 2 diabetes by lifestyle intervention: a Japanese trial in IGT males. Diabetes Res Clin Pract 2005;67:152-62.
- [53] Ramachandran A, Snehalatha C, Mary S, et al. The Indian Diabetes Prevention Programme shows that lifestyle modification and metformin prevent type 2 diabetes in Asian Indian subjects with impaired glucose tolerance (IDPP-1). Diabetologia 2006;49:289-97
- [54].Pan XR, Li GW, Hu YH, et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. Diabetes Care 1997;20:537-44.

- [55] Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, et al; Finnish Diabetes Prevention Study Group. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in life style among subjects with impaired glucose tolerance. N Engl J Med 2001;344:1343-50.
- [56] Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, et al. Diabetes Prevention Program Research Group : Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. N Engl J Med. 2002 Feb 7; 346(6): 393–403.
- [57] Kosaka K, Noda M, Kuzuya T. Prevention of type 2 diabetes by lifestyle intervention: a Japanese trial in IGT males. Diabetes Res Clin Pract 2005;67:152-62.
- [58] Ramachandran A, Snehalatha C, Mary S, et al.  
The Indian Diabetes Prevention Programme shows that lifestyle modification and metformin prevent type 2 diabetes in Asian Indian subjects with impaired glucose tolerance (IDPP-1). Diabetologia 2006;49:289-97
- [59] HAS. « Guide Affection Longue Durée - Maladie coronarienne ». mars 2007.
- [60] PNNS. HTA Alimentation et mode de vie. Etat des lieux et pistes pratiques.2002.
- [61]Postel-Vinay N. et Douard H. In : Hypertension artérielle, coeur et activité physique bp Editions 2007.
- [62] Acute aerobic exercise reduces 24-h ambulatory blood pressure levels in long-term treated hypertensive patients , Clinics 2008, v.63, n.6, p.753-8 .
- [63] Veronique A .Cornelissen and Neil A.Smart .Exercise Training For Blood Pressure : A Systematic Review and Meta-analysis Journal of the American Heart Association. 2013 ; 2 :e004473

- [64] HAS. « Prise en charge des patients adultes atteints d'hypertension artérielle essentielle ». juillet 2005.
- [65] Kraus WE, Torgan CE, Duscha BD, et al. Studies of a targeted risk reduction intervention through defined exercise (STRRIDE) Med Sci Sports Exerc. 2001 Oct;33(10):1774-84.
- [66] Catapano A. L., Reiner Z., Baker G, et al. « ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias The Task Force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Atherosclerosis Society (EAS) ». Atherosclerosis. juillet 2011. Vol. 217, n°1, p. 3-46.
- [67] HAS. « Guide parcours de soins maladie coronarienne ». juillet 2014.
- [68] Taylor RS, Brown A, Ebrahim S, et al. Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. JAMA. 2004; 116:682-92
- [69] Société Française de Cardiologie. « Recommandations SFC - Insuffisance cardiaque et cardiomyopathies ». avril 2006.
- [70] Leng G. C., Fowler B., Ernst E.  
« Exercise for intermittent claudication ». Cochrane Database Syst. Rev. 2000. n°2, p. CD000990.
- [71] OUELLETTE M. M., LEBRASSEUR N. K., BEAN J. F et al. « High-intensity resistance training improves muscle strength, self-reported function, and disability in long-term stroke survivors ». Stroke J. Cereb. Circ. juin 2004. Vol. 35, n°6, p. 1404-1409.

- [72] « WHO | Obesity: preventing and managing the global epidemic ». In : WHO. [s.l.] : [s.n.], [s.d.].
- [73] Oppert J., Dalaran P. Activité physique et traitement de l'obésité. Médecine Obésité. 2004. p. 222-227.
- [74] Galassetti P, Tate D, Neill RA, Morrey. , et al .Effect of antecedent hypoglycemia on counterregulatory responses to subsequent euglycemic exercise in type 1 diabetes. 2003;52(7):1761–9.
- [75] Riddell MC, Bar-Or O, Ayub BV, Calvert RE, et al . Glucose ingestion matched with total carbohydrate utilization attenuates hypoglycemia during exercise in adolescents with IDDM.International journal of sport nutrition. 1999;9:24–34.
- [76] Vidart J. Sport et diabète de type 1 : l'activité physique de 577 jeunes français en 2012.[Thèse] .Bordeaux : Université de Bordeaux ;2014 .p82 .
- [77] Borghouts LB, Keizer HA. Exercise and insulin sensitivity: a review. International journal of sports medicine. 2000;21(1):1–12.
- [78] Mollet E .Mise au point :Adaptation du traitement du diabétique insulino-dépendant au décours d'une activité sportive. Act. Méd. Int. - Métabolismes - Hormones - Nutrition, Volume IV, n°1, février 2000
- [79] Robertson K, Adolfsson P, Scheiner GE ,et al .  
Exercise in children and adolescents with diabetes. Pediatric Diabetes. 2009;10(s12):154–68.
- [80] Mathieu A. Diabète de type 2 et activité physique. Éditions médicales Phase 2006 ; 5.
- [81] Riddell MC, Iscoe KE. Physical activity, sport, and pediatric diabetes. Pediatric diabetes. 2006;7(1):60–70.71.
- [82] Jane Yardley, M.Sc, Glen Kenny, Ph., Ronald J. Sigal, MD .L'activité physique chez le patient atteint du diabète de type 2 Canada.

- [83] Société Francophone du Diabète(SFD) .Quand et comment traiter un patient diabétique par pompe à insuline externe . Médecine et Maladies Métaboliques - Décembre 2009 - Vol. 3 - Hors-série n°2 Position des experts.
- [84] Admon G, Weinstein Y, Falk B, et al. Exercise with and without an insulin pump among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. Pediatrics.2005;116(3):e348–e355.
- [85] Référentiel de la Société francophone du diabète (SFD), Activité physique et diabète de type 2 . Médecine des maladies Métaboliques - Février 2012 - Vol. 6 - N°1.
- [86] Duclos M, Ouennoughi J, Penando C. Effet hypoglycémiant des glinides au cours de l'exercice musculaire chez les DT2. Diabetes Metab 2010;36(Special issue 1):A76 [Abstract P160].
- [87] Look AHEAD Research Group, Wing RR. Longterm effects of a lifestyle intervention on weight and cardiovascular risk factors in individuals with type 2.diabetes mellitus: four-year results of the Look AHEAD trial. Arch Intern Med 2010;170:1566-75.
- [88] J.-F. Gautier.Activité physique et diabète de type 2 : est-ce toujours d'actualité ? Service de diabétologie et d'endocrinologie, Hôpital Saint-Louis, AP-HP, Paris .Médecine des maladies Métaboliques - Mars 2010 - Vol. 4 - N°2
- [89] Duclos M, Oppert JM, Vergès B, et al . Diabetes and physical activity working group. Physicalactivity and type 2 diabetes. Recommendations of the SFD (Francophone Diabetes Society) diabetes and physical activity working group. Diabetes Metab SFD 2013;39:205-16.
- [90] Thomas D, Elliott EJ, Naughton GA. Exercise for type 2 diabetes mellitus (Review) 2009.

- [91] UMPIERRE D., RIBEIRO P. A. B., KRAMER C. K., 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 J. Am. Med. Assoc. 4 mai 2011. Vol. 305, n°17, p. 1790-1799.
- [92] Sanz C, Gautier JF. Diabète de type 2 et exercice physique. Médecine des maladies Métaboliques - Janvier 2009 - Vol. 3 - N°1.
- [93] Bacchi E, Negri C, Zanolin ME, et al. Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetic subjects: a randomized controlled trial (the RAED2 study). Diabetes Care 2012.
- [94] Sigal RJ, Kenny GP, Boule NG, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. Ann Intern Med 2007;147:357-69.
- [95] Gordon BA, Benson AC, Bird SR, Fraser SF. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: a systematic review. Diabetes Res Clin Pract 2009;83(2):157e75.
- [96]. Service de médecine du sport et des explorations fonctionnelles, CHU Gabriel-Montpied, Service de diabétologie et d'endocrinologie, Paris .Activite physique et diabete de type 2. Médecine des maladies Métaboliques Vol 3, N° 1 - janvier 2009 .pp. 31-38
- [97] Quel bilan musculo-squelettique faut-il réaliser avant la prescription d'un programme d'activité physique dans le diabète de type 2 ?  
Medecine des maladies métaboliques mars 2010 ,vol 4 ,N 2
- [98] G. Reach  
Activité sportive et complications chroniques du diabète  
Service d'endocrinologie, diabétologie et maladies métaboliques, Hôpital Avicenne, MARS 2010

[99] American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; American Heart Association Council on Clinical Cardiology; American College of Sports Medicine.

Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. *Circulation*.2007;115:2358-68.

[100] Siscovick DS, Weiss NS, Fletcher RH, Lasky

T. The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise, *N Engl J Med* 1984;311:874-7.

[101] Lazarevic G, Antic S, Vlahovic P, et al.

Effects of aerobic exercise on microalbuminuria and enzymuria in type 2 diabetic patients. *Ren Fail* 2007;29:199-205.

[102] Lemaster JW, Mueller MJ, Reiber GE, et al.

Effect of weight-bearing activity on foot ulcer incidence in people with diabetic peripheral neuropathy: feet first randomized controlled trial. *Phys Ther* 2008;88:1385e98.

[103] Lemaster JW, Reiber GE, Smith DG, et al.

Daily weight-bearing activity does not increase the risk of diabetic foot ulcers. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1093e9.

[104] « Surpoids et obésité de l'adulte : prise en charge médicale de premier recours ». HAS. 2011.

[105] Amati F., Patella M., Golay A. Comment prescrire en pratique médicale l'exercice physique? *Med Hyg* 2002 ; 60 : 1119-22

[106] Ronald J. Sigal, MD, MHP, FRCPC .Activité physique et diabète. *Canadien Journal of Diabetes* .October 2013Volume 37, Supplement 5, Pages S403–S408



- [107] Michael C. Riddell and Jamie Burr . Evidence-based risk assessment and recommendations for physical activity clearance:diabetes mellitus and related comorbidities Appl. Physiol. Nutr. Metab. Vol. 36, 2011.
- [108]. Activité physique et santé: arguments scientifiques, pistes pratiques. [Paris] : Ministère de la santé et des solidarités, 2005.
- [109] Raz I, Hauser E, Bursztyn M. Moderate exercise improves glucose metabolism in uncontrolled elderly patients with non-insulin- dependent diabetes mellitus. Isr J Med Sci 1994;30:766-70.
- [110] Wing RR, Epstein LH, Paternostro-Bayles M, et al. Exercise in a behavioural weight control programme for obese patients with Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes. Diabetologia 1988;31:902-9.
- [111] Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, et al. Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. Diabetes Res Clin Pract 2002;56:115-23.
- [112].Dunstan DW, Daly RM, Owen N, et al. High intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. Diabetes Care 2002;25:1729-36.
- [113] Loimaala A, Huikuri HV, Koobi T, et al. Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. Diabetes 2003;52:1837-42.
- [114] Tessier D, Menard J, Fulop T, et al. Effectsof aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. Arch Gerontol Geriatr 2000;31:121-32.
- [115] Baldi JC, Snowling N. Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. Int J Sports Med 2003;24:419-23.

- [116] Dela F, von Linstow ME, Mikines KJ, Galbo H. Physical training may enhance beta-cell function in type 2 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2004;287:E1024-31.
- [117] Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, et al. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2003;26:2977-82.
- [118 ] Dunstan DW, Puddey IB, Beilin LJ, et al. Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM. *Diabetes Res Clin Pract* 1998;40:53-61.
- [119] Mourier A, Gautier JF, De Kerviler E, et al. Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branchedchain amino acid supplements. *Diabetes Care* 1997;20:385-91.
- [120] Ronnema T, Mattila K, Lehtonen A, Kallio V. A controlled randomized study on the effect of long-term physical exercise on the metabolic control in type 2 diabetic patients. *Acta Med Scand* 1986;220:219-24.
- [121] Tsujiuchi T, Kumano H, Yoshiuchi K, et al. The effect of Qi-gong relaxation exercise on the control of type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2002;25:241-2.
- [122] Yeater RA, Ullrich IH, Maxwell LP, Goetsch VL. Coronary risk factors in type II diabetes: response to low-intensity aerobic exercise. *W V Med J* 1990;86:287-90.