



Physiopathologie

L'alimentation à base de fruits, de légumes et de poisson améliore le contrôle glycémique des patients diabétiques de type 2 sous ADO

Diet based on fruits, vegetables and fish improve glycemic control in type 2 diabetic patients on ADO

Nadia MAHDAD.¹, Farida O. BOUKORTT.¹, Zaki BENZIANE.² Mohammed BELHADJ.³, Malika BOUCHENAK.¹

¹Laboratoire de Nutrition Clinique et Métabolique . Université Oran 1 Ahmed Ben Bella BP1524 El M'Naouer, 31 000 Oran, Algérie. ²Clinique Laribère. CHU-Oran, Algérie. ³ Service de Médecine Interne, EHU-Oran, Algérie

Corresponding author: nutritionmah@gmail.com

Reçu le 28 novembre 2023, Révisé le 28 décembre 2023, Accepté le 31 décembre 2023

Résumé Introduction. Le contrôle de la glycémie est crucial pour le traitement du diabète de type 2 (DT2), car il réduit ou élimine les complications causées par le diabète. Les modifications alimentaires affectent de manière importante le contrôle glycémique et jouent un rôle fondamental dans la gestion du DT2. **Objectifs.** Etudier l'impact du suivi des conseils nutritionnels, basés sur le régime FFV (*Fish, Fruits and Vegetables*) (Poisson, Fruits, Légumes), après 3 (J90) et 6 (J180) mois sur le profil nutritionnel et le contrôle glycémique, chez des patients présentant un diabète de type 2 (DT2) sous anti-diabétiques oraux (ADO) seuls. **Population et méthodes.** Quatre-vingt-cinq patients (sex-ratio H/F, 45/40), âgés de 50±8 ans, atteints de DT2 depuis 9±3 ans et initialement traités par ADO, pendant 8±1 ans, ont été recrutés de novembre 2009 à juin 2011, au niveau de quelques polycliniques d'Oran (ouest Algérien), et de l'Établissement Hospitalo-Universitaire (EHU-Oran) (Service Médecine Interne). Les conseils diététiques ont favorisé la consommation de poisson, de fruits et de légumes. **Résultats.** L'indice de masse corporelle (IMC) n'a montré aucune différence significative chez les patients DT2. L'enquête alimentaire, réalisée par la méthode du rappel des 24 heures, suivie d'un enregistrement sur 3 jours, a révélé une augmentation significative de l'apport énergétique total (AET) (MJ/24h), à J90 et J180, par rapport au début de l'étude (J0), et se rapproche des apports recommandés (AR) (8,40MJ/j). Une consommation importante de fibres et de poisson était observée chez les patients après 6 mois de suivi du régime FFV. Une réduction significative de la concentration sérique de glucose et du taux d'hémoglobine glycosylée (HbA1c) a été notée, alors que l'insulinémie est restée similaire au cours du temps. **Conclusion.** Le suivi du régime FFV a un effet bénéfique sur la stabilité pondérale et le contrôle glycémique.

Mots clés : *Diabète type 2, Régime FFV, Contrôle glycémique*

Abstract Introduction. Glycemic management is crucial to the effective treatment of diabetes mellitus (DM) because it reduces or eliminates complications caused by diabetes. Dietary modifications prominently affect glycemic control and have a fundamental role in T2DM management. **Objectives.** To investigate the impact of nutritional advice follow-up, based on the FFV (*Fish, Fruits, Vegetables*) diet, after 3 (d90) and 6 (d180) months, on nutritional profile and glycemic control, in patients with type 2 diabetes (T2D) treated by oral antidiabetic (OAD) alone. **Population and methods.** Eighty five patients (sex ratio M/F, 45/40), aged 50±8 years, with T2D since 9±3 years and initially treated with OAD, during 8±1 years, were recruited from November 2009 to June 2011 in polyclinics of Oran (west Algeria), and in Hospital University Establishment (EHU-Oran) (Internal Medicine Service). The nutritional advice given promoted the consumption of fish, fruits and vegetables diet (FFV). **Results.** Body mass index (BMI) showed no significant difference in T2D patients. Diet survey, realized by 24 hour recall method, followed by 3 days record, revealed a significant increase of total energy intake (TEI) (MJ/24h), at d90 and d180, compared to the beginning of the study (d0), and get closer to the recommended intakes (RI) (8.40MJ/d). Increased fiber and fish intake was observed in T2D after 6 months of consumption of FFV diet. In T2D, a significant reduction in serum glucose concentration, and glycated hemoglobin (HbA1c) rate was noted, whereas, insulinemia remained similar over the time. **Conclusion.** The follow-up of FFV diet have a beneficial effect on weight stability, and glycemic control.

Key words: *Type 2 diabetes, FFV diet, Glycemic control*

Introduction

Le mauvais contrôle glycémique est un problème majeur de santé publique chez les patients diabétiques de type 2 (DT2) et un facteur de risque important dans la progression des complications du diabète [1]. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 90% des adultes actuellement diagnostiqués avec un diabète ont le DT2 [2]. Ce dernier, étant l'un des troubles métaboliques les plus répandus, est causé par l'association de deux facteurs principaux : le défaut de sécrétion d'insuline par les cellules β du pancréas et l'incapacité des tissus sensibles à l'insuline à répondre de manière appropriée à l'insuline [3]. Selon le rapport de la Fédération internationale du diabète, en 2020, environ 463 millions d'adultes (20 à 79 ans) vivent avec le diabète ; d'ici 2045, ce nombre atteindra 700 millions [4]. En outre, 374 millions de personnes présentent un risque accru de DT2. En Algérie, 14,4% de la population entre 18 et 69 ans, soit environ 4 millions de personnes étaient atteintes de diabète en 2018 [5]. Une alimentation appropriée est une composante essentielle dans la gestion du DT2 [6]. Le choix d'une alimentation basée sur des nutriments et des groupes

d'aliments conseillés joue un rôle important pour maintenir et atteindre un bon contrôle glycémique chez les patients DT2 [7]. Une faible consommation de fruits et légumes fait partie des cinq principaux facteurs de risque des maladies chroniques, associée à une faible consommation d'aliments à graines entières, une forte consommation de sel et une faible consommation de noix [8]. Les fruits et les légumes sont riches en fibres, en potassium, en antioxydants, en folates [9], en minéraux, en vitamines, en composés phytochimiques bioactifs, en caroténoïdes [10] et en composés polyphénoliques [11], pouvant avoir des effets bénéfiques sur le métabolisme du glucose. De plus, les fruits et légumes sont riches en fibres alimentaires, qui protègent contre la prise de poids [12] et l'hyperinsulinémie [13]. Une étude soutient les recommandations visant à augmenter la consommation de fruits et de légumes pour la prévention du DT2, mais suggère que certains fruits, notamment les pommes, les myrtilles, les pamplemousses, les raisins et les raisins secs, pourraient être particulièrement bénéfiques, tandis que les pommes de terre et les jus de fruits pourraient augmenter le risque [14]. La qualité des lipides a un rôle sur la sensibilité à l'insuline, augmenterait le risque de DT2. Il est noté

qu'un apport élevé en acides gras saturés augmente le risque de DT2, alors qu'un apport élevé en acides gras polyinsaturés réduit ce dernier [15]. Cependant, des études cliniques ne soutiennent pas l'utilisation d'une supplémentation en acides gras polyinsaturés n-3 pour améliorer le contrôle glycémique [16].

L'objectif de cette étude est de voir si l'alimentation à base de fruits, de légumes et de poisson améliore le contrôle glycémique des patients diabétiques de type 2 sous antidiabétiques oraux (ADO).

Population et méthodes

Population étudiée

Quatre-vingt-cinq patients (sex ratio F/H, 45/40), âgés de 50±8 ans, présentant un diabète type 2 depuis 9±3 ans et traités initialement par des antidiabétiques oraux seuls (ADO : Monothérapie 45% (Biguanides ou Sulfamides) ; Bithérapie 55% (Biguanides et Glinides ou Sulfamides), depuis 8±1 ans, ont été recrutés de novembre 2009 à juin 2011, au niveau de plusieurs centres (Etablissement Hospitalo-Universitaire EHU d'Oran, Maison du Diabétique, Clinique de Diabétologie Laribère et Centre médico-social Jean Kraft). Le traitement thérapeutique des patients n'avait pas changé tout le long du suivi des règles hygiéno-diététiques.

Les critères d'inclusion sont l'âge compris entre 30 et 65 ans, non-fumeurs, l'indice de masse corporelle (IMC) entre 25 et 30, cholestérol total (CT) < 2,5g/L, triglycérides (TG) < 2g/L et C-LDL < 160mg/dL. Sont exclus de l'étude, les patients obèses (IMC > 30), tabagiques, consommant des boissons alcoolisées, sous insuline, présentant un diabète compliqué (rétinopathie, néphropathie, neuropathie...), une hypertension artérielle (HTA), des pathologies susceptibles d'entraîner des modifications du métabolisme lipidique (lithiase biliaire...). Les caractéristiques des patients sont présentées dans le **Tableau I**.

Mesures anthropométriques

Le poids et la taille de chaque sujet ont été mesurés à l'aide d'un pèse-personne et d'une toise (Weighting Scale ZT 220, China). L'IMC a été calculé et exprimé en kg/m². Le tour de taille et le tour de hanche ont été également mesurés à l'aide d'un mètre ruban.

Enquête alimentaire

L'évaluation de la consommation alimentaire a été réalisée par la méthode du Rappel des 24 heures suivi d'un enregistrement sur trois jours, incluant un week-end. Les patients ont enregistré sur des carnets les quantités d'aliments consommés chaque jour, repas

par repas, sans oublier les collations.

Tableau I. Caractéristiques des patients diabétiques type 2 sous ADO

Patients	
Sexe ratio (F/H)	45/40
Age (ans)	50 ± 8
Poids (kg)	70 ± 3
IMC	26 ± 2
Tour de taille (cm)	89 ± 8
Tour de hanche (cm)	97 ± 7
Durée du DT2	9 ± 3
Glycémie à jeun (g/L)	1,68 ± 0,65
HbA1c (%)	9,8 ± 1,9
Triglycérides (mmol/L)	1,15 ± 0,57
Cholestérol total (mmol/L)	4,16 ± 0,70
LDL-C (mmol/L)	1,20 ± 0,33

Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne ± Ecart type (M ± ET) de 85 patients ; IMC : Indice de masse corporelle (poids/Taille, kg/m²) ; HbA1c : Hémoglobine glycosylée ; C-LDL : Cholestérol des lipoprotéines de faible densité.

Le guide de la taille des portions et les photos d'aliments couramment consommés ont été utilisés pendant l'entretien, afin d'aider les patients à mieux quantifier les portions consommées. Divers contenants et ustensiles culinaires (bol, cuillères, tasse, verre, assiette) ont aussi été utilisés. Ces apports sont, ensuite, convertis en énergie grâce à la table de composition des aliments [17]. Cette enquête alimentaire a permis d'évaluer l'apport énergétique total (AET) quotidien et sa répartition au cours des repas de la journée, d'apprécier la composition quantitative et qualitative de l'alimentation (répartition glucido-lipido-protidique, teneurs en protéines végétales et animales, en acides gras saturés (AGS), mono-insaturés (AGMI) et polyinsaturés (AGPI), en glucides simples et complexes, en fibres, en cholestérol, en vitamines et en sels minéraux).

Suivi des conseils nutritionnels

Education hygiéno-diététique

L'éducation hygiéno-diététique fait partie du traitement du diabète. Deux fiches sont distribuées aux patients, l'une sur les différents groupes d'aliments avec le code couleur [18] et les équivalences ont été détaillées ainsi que les apports en macronutriments, en vitamines, en oligoéléments et en fibres. Le bon choix des aliments et le mode de cuisson sont les deux facteurs à prendre en considération, de même que la fréquence de consommation des aliments. Dans la seconde fiche, figure un tableau de la classification des fruits et des légumes, selon l'index glycémique (IG) et donc l'intérêt de consommer des fruits et des légumes à IG bas.

Conseils nutritionnels

Un apport énergétique de 2000 Kcal avec 250 g de glucides totaux répartis sur les différents repas de la journée est conseillé aux patients DT2: même apport de 70 g au petit déjeuner, Déjeuner et diner, 15 g pour la collation et 25 g au goûter. Les conseils donnés favorisent, en général, la consommation de fruits, de légumes et de poisson (régime FFV Fish, Fruits and Vegetables) [19]. La consommation d'un produit laitier partiellement écrémé à chacun des trois principaux repas, chaque jour, est recommandée ainsi que la consommation de légumes (2 fois/j), de fruits (2 à 3 fois/j), d'huile d'olive (2 cuillères à soupe/j), de pain complet (son, orge ou avoine), de poisson (2 à 3 fois/sem). La consommation des œufs est limitée (4 à 5 œufs/sem), ainsi que celle des viandes rouges ou blanches, sources de protéines animales, en quantités modérées, aux deux principaux repas de la journée (déjeuner et diner).

Suivi des conseils nutritionnels

Afin de noter l'effet d'une alimentation à base de fruits, de légumes et de poisson chez les patients, un suivi à 3 mois (J90) et 6 mois (J180) à partir du début de l'étude (J0) a été mené.

Cette étude a été approuvée par le Comité d'Éthique de Recherche de l'Université Oran 1. Le but de l'étude a été expliqué aux patients et leur consentement éclairé a été obtenu.

Evaluation de certains marqueurs du contrôle glycémique

La concentration sérique en glucose est déterminée par une méthode colorimétrique enzymatique (kit Spinreact, Espagne). La teneur sérique en insuline est réalisée par méthode ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay, Kit Abcam, Cambridge, USA). Le taux d'hémoglobine glyquée est réalisé par méthode chromatographique, utilisant des micro-colonnes échangeuses de cations (kit Biocon, Allemagne). L'indice d'insulino-résistance (Homeostasis Model Assessment-IR, HOMA-IR) est calculé pour mesurer la sensibilité à l'insuline, selon la formule:

$$\text{Glycémie à jeun (mmol/l)} \times \text{Insulinémie à jeun } (\mu\text{U/ml}) / 22,5.$$

Analyse statistique

Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne \pm écart type ($M \pm ET$). Après analyse de variance, la comparaison des moyennes entre les différents groupes de patients atteints de DT2 au début de l'étude (J0) et au bout de 3 (J90) et 6 mois (J180) de suivi des conseils nutritionnels, est réalisée par le test 't' de Student de façon non appariés à l'aide du logiciel STATISTICA (version 5.0). Les moyennes sont consi-

dérées comme significativement différentes à $P < 0,05$ *J90 vs J0, § J180 vs J0 et # J180 vs J90. Des corrélations entre la consommation de certains groupes d'aliments, les fibres, l'HbA1c, l'HOMA-IR et les différents paramètres chez les patients DT2 sont déterminées par le coefficient de corrélation de Spearman.

Résultats

Caractéristiques des patients DT2 après suivi des conseils hygiéno-diététiques

Quatre vingt cinq patients diabétiques, sous ADO, ont suivi une alimentation à base de fruits, de légumes et de poisson (FFV) jusqu'à J90, et seuls 35 patients (41%) ont continué jusqu'à 6 mois (J180). Parmi les 50 patients DT2 qui n'ont pas suivi les conseils jusqu'à J180, 45% d'entre eux sont passés à l'insuline, 40% sont devenus hypertendus et 15% des patients ont changé de lieu de résidence. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative des résultats obtenus chez les patients DT2 par rapport au sexe. Pour cette raison, les différents paramètres sont présentés chez la population, tout sexe confondu, et sont comparés à 3 (J90) et 6 mois (J180) de suivi d'une alimentation FFV, par rapport au début de l'étude (J0). Après 3 et 6 mois de suivi, aucune différence significative n'est notée pour les paramètres anthropométriques (**Tableau II**).

Tableau II. Caractéristiques anthropométriques des patients DT2

	J0 n=85	J90 n=85	J180 n=35
Sex ratio (H/F)	40/45	40/45	20/15
Age (ans)	50 \pm 8	50 \pm 8	51 \pm 9
Poids (kg)	70 \pm 7	70 \pm 9	69 \pm 9
IMC	26 \pm 2	25 \pm 2	24 \pm 2
Tour de taille (cm)	89 \pm 8	86 \pm 7	88 \pm 5
Tour de hanche (cm)	97 \pm 7	95 \pm 7	95 \pm 4
TT/TH	0,92 \pm 0,1	0,90 \pm 0,1	0,93 \pm 0,05

IMC: Indice de Masse Corporelle = P/T^2 (kg/m^2). TT: Tour de taille, TH: Tour de hanche. Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne \pm Ecart type ($M \pm ET$) de 85 patients à J0 et J90 et 35 patients à J180. La comparaison des moyennes au début de l'étude (J0) et à 3 (J90) et 6 mois (J180) de suivi du régime FFV, est réalisée par le test 't' de Student non apparié.

Consommation alimentaire des patients DT2 après suivi des conseils hygiéno-diététiques

Une augmentation significative de l'apport énergétique total (exprimé en MJ/j) est notée chez les patients DT2, après 3 et 6 mois de suivi d'une FFV,

par rapport à J0 ($P < 0,05$), alors qu'une diminution est observée à J0, comparée aux apports recommandés (AR) chez le DT2 (8,40MJ/j)[20]. En effet, les valeurs représentent $7,66 \pm 1,09$, $8,48 \pm 1,43$ et $8,50 \pm 1,18$ MJ/24h, à J0, J90 et J180, respectivement (**Tableau III**). Chez la population étudiée, la répartition de la ration alimentaire en protéines, en lipides et en glucides montre que l'apport en glucides est inférieur aux apports recommandés (AR) à J0, alors qu'il se rapproche des AR à J90 et J180. En effet, il est de 45, 47 et 48%, respectivement à J0, J90 et J180 contre 50%. L'apport protéique chez les patients, après 3 et 6 mois de suivi, est de 19%, 20% comparé à J0 (17%), alors que l'apport en lipides est sensiblement le même chez les patients DT2, après 3 (34%) et 6 mois (32%) de suivi d'une alimentation FFV, comparé à J0 (38%), et il est supérieur à celui des apports recommandés (30%) (**Tableau III**). Au début de l'étude et après six mois de suivi des conseils, les glucides complexes représentent 36% de l'AET contre 29% à J90. En effet, une consommation de 163g, 148g et 183g est notée, chez les patients à J0, J90 et J180, respectivement, alors que l'apport en glucides simples est de 9%, 18% et 12%, respectivement chez les DT2 à J0, J90 et J180.

L'apport en AGS est élevé chez les patients au début de l'étude, comparé à celui noté après suivi des conseils hygiéno-diététiques. En effet, il représente 18% de l'AET à J0 contre 15% à J90 et J180, mais il reste supérieur à celui des AR (<10%). Une consommation d'AGMI de 26g à J0 et de 28g à J90 et J180 est notée chez les patients. Cet apport représente 13% de l'AET au début de l'étude et 12%, après 3 et 6 mois de suivi des conseils et reste inférieur aux recommandations

(10-20%). De même, l'apport en AGPI représente environ 7% de l'AET, à différents temps et reste inférieur aux AR (>10%). L'apport en cholestérol est similaire au cours du temps et ne dépasse pas la limite recommandée (<300mg/j) [21]. Après six mois de suivi d'une alimentation FFV, l'apport en fibres est 1,36- et 1,54-fois plus élevé respectivement, chez les patients, par rapport à J0 ($P < 0,01$). Par ailleurs, l'apport en fibres, au début de l'étude et, après trois mois de suivi des conseils, représente respectivement 17 ± 4 et 15 ± 5 g/j et reste inférieur à celui recommandé par l'ADA (2017) (>20 g/j)[22] puis atteint 23 ± 10 g/j à J180 (**Tableau III**).

Au début de l'étude, l'enquête alimentaire a révélé que les groupes d'aliments les plus consommés sont le pain et les féculents, les légumes, le lait et les produits laitiers, suivis des fruits, de la viande, des œufs, du poisson et enfin les produits sucrés, les matières grasses et les oléagineux (**Tableau IV**). Après suivi d'une alimentation FFV, une augmentation significative de la consommation des fruits de 48% et 59%, respectivement est notée chez les DT2 à J90 et J180 par rapport à J0. De plus, une augmentation de 61% de la consommation de poisson est observée chez les patients après 6 mois de suivi, comparé à J0 (**Tableau IV**).

Marqueurs du contrôle glycémique chez les DT2 après suivi des mesures hygiéno-diététiques

Une diminution significative du glucose sérique est notée chez les patients DT2 après trois et six mois de suivi des conseils, comparé au début de l'étude, alors qu'une augmentation est observée, après six mois, par rapport à trois mois de suivi.

Tableau III. Répartition qualitative des macronutriments

	J0	J90	J180	AR ^{1,2,3}
AET (MJ/j)	7,66±1,09	8,48±1,43 [*]	8,50±1,18 [§]	8,40
Glucides (%)	45	47	48	50
Complexes (% AET) g/j	(36) 163	(29) 148	(36) 183	40% ¹
Simplex (% AET) g/j	(9) 42	(18) 90	(12) 60	10% ¹
Protéines (%)	17	19	20	20
Végétales (% AET) g/j	(8) 36	(8) 39	(9) 49	12% ¹
Animales (% AET) g/j	(9) 43	(11) 55	(10) 50	8% ¹
Lipides (%)	38	34	32	30
AGS (% AET) g/j	(18) 37	(15) 33	(15) 35	<10% ²
AGMI (% AET) g/j	(13) 26	(12) 28	(12) 28	>10-20% ²
AGPI (% AET) g/j	(7) 14	(7) 16	(6) 14	>10% ²
Cholestérol (mg/j)	172 ± 86	189 ± 75	172 ± 71	<300 ³
Fibres (g/j)	17 ± 4	15 ± 5	23 ± 10 ^{§##}	>20 ²

¹Wolever et al., (1999) [20]. ²ADA (2017) [22]. Riccardi et al., (2018) [21]. AET : Apport énergétique total ; AGS : Acides gras saturés ; AGMI : Acides gras mono-insaturés ; AGPI : Acides gras polyinsaturés. Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne ± Ecart type (M ± ET) de 85 patients à J0 et J90 et 35 patients à J180. La comparaison des moyennes des patients atteints de DT2 au début de l'étude (J0) et après 3 (J90) et 6 mois (J180) de suivi d'une alimentation FFV, est réalisée par le test 't' de Student non apparié.

Tableau IV. Consommation des différents groupes d'aliments (g/j)

	J0	J90	J180
Pain et féculents	580±251	424±114	514±176
Légumes	243±115	180±77	254±152
Fruits	62±58	119±56*	150±41 ^{§§§}
Laits et produits laitiers	226±158	222±124	205±114
Viande, œufs et volaille	97±60	50±42	97±60
Poissons	36±15	53±13	92±49 [§]
Huile d'olive	17±10	25±22	27±21
Matières grasses	32±14	30±13	19±10 ^{#§}
Oléagineux	20±9	24±13	19±14
Produits sucrés	51±38	44±23	77±46 ^{#§§§}

La comparaison des moyennes des patients atteints de DT2 au début de l'étude (J0) et au bout de 3 (J90) et 6 mois (J180) de suivi d'une alimentation FFV, est réalisée par le test 't' de Student non apparié. * J90 vs J0 ; [§]J180 vs J0 ; [#]J180 vs J90, P<0,05. ^{§§§}J180 vs J0, p<0,001.

Tableau V. Marqueurs glycémiqes chez des DT2 après suivi des mesures hygiéno-diététiques

	J0	J90	J180
Glucose (mmol/L)	7,71 ± 1,50	6,25 ± 1,56**	6,76 ± 0,77 ^{#§}
Insuline (µU/mL)	293,33 ± 81,50	294,45 ± 76,66	294,45 ± 76,66
HbA1c (%)	9,8 ± 1,9	6,4 ± 1,7***	8,4 ± 1,0 [§]
HOMA-IR	13,10 ± 4,32	12,53 ± 4,26	8,75 ± 1,20

Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne ± Ecart type (M ± ET) de 85 patients à J0 et J90 et 35 patients à J180. La comparaison des moyennes des patients atteints de DT2 au début de l'étude (J0) et au bout de 3 (J90) et 6 mois (J180) de suivi d'une alimentation FFV, est réalisée par le test 't' de Student non apparié. [§]J180 vs J0; [#]J180 vs J90, P<0,05, ** J90 vs J0, P<0,01, *** J90 vs J0, P<0,001.

En effet, les valeurs sont diminuées de 19% et 12% à J90 et J180, respectivement, comparé à J0, alors qu'une augmentation de 7% est notée chez les DT2 à J180 vs J90 (**Tableau V**).

L'hémoglobine glyquée (HbA1c) diminue significativement chez les DT2 à J90 (-35%) et J180 (-14%) vs J0. Les concentrations en insuline sérique et l'indice HOMA-IR ne montrent aucune différence significative, après suivi d'une alimentation FFV, comparé au début de l'étude.

Corrélations entre la consommation de certains groupes d'aliments et de fibres avec les différents paramètres

Au cours du temps, une corrélation positive entre l'IMC et la consommation de pain et de féculents ($r=0,480$, $P<0,01$) est notée. Par ailleurs, l'apport en fibres est corrélé positivement avec l'HbA1c ($r=0,410$, $P<0,05$) et le glucose ($r=0,540$, $P<0,001$) (**Tableau VI**).

Discussion

L'objectif de cette étude est de voir si l'alimentation à base de fruits, de légumes et de poisson améliore le contrôle glycémiqes.

Des apports élevés en fruits et légumes sont associés à un faible taux de mortalité ; ce risque est plus faible avec une consommation de cinq portions de fruits et de légumes par jour [23]. Après suivi des conseils nutritionnels à base de fruits, de légumes et de poissons, aucune différence significative des paramètres anthropométriques, n'est notée chez les patients DT2. Il est possible que des apports élevés de pommes de terre au cours de l'étude et de jus de fruits à J180, chez nos patients DT2, aient un effet inverse sur la perte de poids. En effet, une relation est notée entre la consommation importante de pomme de terre et de jus de fruit et le gain de poids corporel et le risque accru de DT2 [23,24]. Des études suggèrent que le type de fruits et de légumes peut avoir des résultats inverses sur la santé. Une consommation importante en féculents peut ne pas donner les mêmes avantages sur la santé que les autres fruits et légumes. Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres études sur d'autres pathologies, y compris les maladies coronariennes et le DT2, ainsi que l'obésité et l'hypertension [25-27]. Il est également possible que la consommation de fruits et de légumes puisse réduire le risque de DT2 en diminuant l'adiposité et le gain de poids au fil du temps [14].

Tableau VI. Corrélations entre la consommation des fibres et des groupes d'aliments avec certains paramètres

	Fibres	Pain & Féculents	Légumes	Fruits	Poissons
IMC	0,120	0,480**	0,200	-0,011	-0,100
TT/TH	0,430*	0,310	0,100	-0,010	0,048
HbA1c	0,410*	0,300	0,230	-0,350	-0,182
Glucose	0,540***	0,340	0,290	0,300	-0,150

IMC : Indice de masse corporelle, TT/TH : rapport tour taille tour de hanche, HbA1c : Hémoglobine glyquée, Des corrélations sont établies par le calcul du coefficient de corrélation de Pearson. * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$.

Les changements du mode de vie et une alimentation appropriée font partie de la prise en charge des patients DT2, ils permettent de réguler l'apport en macronutriments, entraînant une réduction du poids, une amélioration du profil lipidique et du contrôle glycémique et une meilleure réponse aux traitements médicamenteux. La gestion de l'apport nutritionnel du patient diabétique aide ainsi à prévenir les complications du DT2 [28]. Dans notre étude, l'estimation de la consommation alimentaire a révélé une augmentation significative de l'AET, chez les patients DT2, après 3 et 6 mois de suivi de l'alimentation FFV par rapport à J0 et aux apports recommandés (8,40 MJ/j). Nos résultats concordent avec l'apport énergétique journalier habituellement recommandé pour le patient diabétique non-obèse qui se situe entre 6 et 10MJ/j, l'intervalle moyen étant de 8MJ/j. Les recommandations pour le patient diabétique en surpoids se situent entre 3MJ/j et 6MJ/j [29].

Chez les personnes atteintes de diabète, l'adhésion aux habitudes alimentaires saines est associée à de faibles taux d'HbA1c et réduit le risque de complications du diabète [30]. Cependant, le suivi d'une alimentation saine chez les personnes atteintes de diabète est difficile et reste un obstacle fondamental à la gestion du diabète dans le monde [31]. Nos patients DT2 prenaient des ADO de la classe des biguanides et des sulfamides et présentaient des taux d'HbA1c supérieurs à 8%, au début de l'étude. Ceci pouvait s'expliquer par le fait que ces patients étaient mal renseignés sur une alimentation appropriée. L'adoption de l'alimentation à base de fruits, de légumes et de poissons a permis une réduction significative de la valeur de glucose sérique et du taux d'HbA1c après trois et six mois de suivi, par rapport aux valeurs notées au début de l'étude. En effet, la consommation d'aliments riches en grains entiers, en fruits, en légumes, en noix, avec une faible consommation de viande rouge/transformée et de boissons sucrées, améliore le contrôle glycémique chez les personnes atteintes de DT2 [32]. De plus, les composés phytochimiques bioactifs [10] et phénoliques [11]

des fruits et des légumes ont des effets bénéfiques sur le métabolisme du glucose. De plus, les fruits et légumes sont riches en fibres alimentaires, qui protègent contre la prise de poids [12] et l'hyperinsulinémie [13]. Cependant, des études n'ont noté aucune association entre le risque de DT2 et la consommation importante en fruits et ce, chez les hommes comme chez les femmes [33-35]. Par ailleurs, d'autres études ont observé qu'une consommation plus élevée de légumes mais pas de fruits est associée à un risque réduit de DT2 [36,8], alors que d'autres auteurs ont rapporté que ni la consommation de fruits ni celle de fruits et de légumes combinés, n'est associée au risque de DT2 contrairement [37] à nos résultats.

Les acides gras polyinsaturés n-3 (AGPI) possèdent de nombreuses propriétés, anti-inflammatoires, anti-thrombotiques, qui peuvent être bénéfiques dans la prise en charge du DT2 et de ses complications [17]. De plus, les AGPI d'origine marine et végétale ont un effet bénéfique sur le contrôle glycémique chez les patients DT2 [15], alors qu'une supplémentation en AGPI oméga-3 diminue [38] et améliore [39] la sensibilité à l'insuline.

Nos résultats montrent une corrélation positive entre le taux d'HbA1c et l'IMC ($r=0,410$, $P=0,01$) sans perte de poids au cours du temps. Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres auteurs qui ont observé une corrélation positive entre l'IMC, le rapport TT/TH, la glycémie postprandiale et l'HbA1c [40]. Par contre, des travaux ont noté, chez des adultes obèses et en surpoids atteints de DT2, qu'une perte de poids de 2 à 5% entraîne une diminution de 0,2 à 0,3% de l'HbA1c et qu'une baisse de poids de 5 à 10% réduit l'HbA1c de 1% [41].

Des corrélations positives sont notées entre l'apport en fibres et le glucose sérique et ($r=0,540$, $P<0,001$) et l'HbA1c ($r=0,410$, $P<0,05$). Toutefois, des corrélations divergentes ont été rapportées entre la fréquence de consommation des fruits et le contrôle glycémique [42], alors qu'une autre étude a noté une corrélation positive [43]. Le rôle des fruits et des

légumes dans la prévention du DT2 est leur richesse en fibres. Outre leur faible contribution à l'apport énergétique, la plupart des fruits ont une faible charge glycémique, riches en fibres, en vitamines, en minéraux et en composés phytochimiques [44] ; ils agissent *via* plusieurs mécanismes [45] et leurs fibres solubles et insolubles améliorent le contrôle glycémique [46]. En effet, la fermentation de fibres solubles, par le microbiome intestinal, augmente la production d'acides gras à chaîne courte qui module le métabolisme du glucose [47]. De plus, de nombreux fruits améliorent la sensibilité à l'insuline, en diminuant l'apoptose et en favorisant la prolifération des cellules β pancréatiques en réduisant l'inflammation et le stress oxydatif [48].

Dans notre étude, bien que l'alimentation des patients soit riche en fibres, l'apport élevé en produits sucrés a entraîné une élévation du taux de glucose sérique à J180 vs J90, sans modification des concentrations sériques d'insuline, alors que l'indice HOMA-IR a tendance à diminuer. L'explication la plus plausible est que J180 correspondait à la période estivale, avec de nombreux repas festifs et suggérant que nos patients avaient tendance à oublier les conseils d'une alimentation FFV. L'augmentation du risque de DT2, observée avec la consommation de jus de fruits et de boissons aux fruits, peut être due à leur charge glycémique (GL) augmentée et au sucre ajouté dans les boissons aux fruits pauvre en fibres, ce qui réduit la satiété et conduit à une augmentation de la glycémie postprandiale et le taux de glucose par rapport aux fruits entier [49]. De plus, les variations de l'HbA1c sont associées aux changements saisonniers [50].

Conclusion

Cette étude appuie les recommandations existantes visant à augmenter la consommation de fruits et de légumes pour la prévention du DT2, tout en insistant sur l'index glycémique des fruits et des légumes et leur consommation au déjeuner et au dîner. L'alimentation à base de fruits, de légumes et de poisson améliore le contrôle glycémique.

Remerciements

Cette étude a été menée dans le cadre d'un Programme National de Recherche PNR N°02/15/02/04/186, agréé par l'Agence Nationale pour le Développement de la Recherche en Santé (ANDRS) du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS).

Conflit d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

Références

1. Yosef T., Nureye D., Tekalign E. Poor Glycemic Control and Its Contributing Factors Among Type 2 Diabetes Patients at Adama Hospital Medical College in East Ethiopia. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2021;14: 3273-80.
2. Chan M., World Health Organization. Global Report on Diabetes. <https://www.who.int/diabetes/publications/grd-2016/en/>
3. Galicia-Garcia U., Benito-Vicente A., Jebari Sh., Larrea-Sebal A., Siddiqi H., Uribe KB. et al. Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *Int J Mol Sci* 2020;17: 2-34.
4. Saeedi P., Salpea P., Karuranga S., Petersohn I., Malanda B., Gregg EW. et al. Mortality attributable to diabetes in 20–79 years old adults, 2019 estimates: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas. *Diabetes Res Clin Pract* 2020;162: 1-5.
5. Belhadj M., Arbouche Z., Brouri M., Malek R., Semrouni M., Zekri S. et al. BAROMÈTRE Algérie : Enquête nationale sur la prise en charge des personnes diabétiques. *Médecine Maladies Métaboliques* 2019;13(2): 188-94.
6. van der Velde LA., Kieft-de Jong JC., Rutten GE. Vos RC. Effectiveness of the Beyond Good Intentions Program on Improving Dietary Quality Among People With Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Controlled Trial. *Front Nutr* 2021;8: 583125.
7. Stefani S., Ngatidjan S., Paotiana M., Sitompul K., Abdullah M., Sulistianingsih D. et al. Dietary quality of predominantly traditional diets is associated with blood glucose profiles, but not with total fecal Bifidobacterium in Indonesian women. *PLoS One* 2018;13: 1-18.
8. Ahmed A., Lager A., Fredlund P., Schäfer Elinde L. Consumption of fruit and vegetables and the risk of type 2 diabetes: a 4-year longitudinal study among Swedish adults. *J Nutr Sci* 2020;9(14): 1-9.
9. Hoybråten D. Nordic Council of Ministers (2014) Nordic Nutrition Recommendations 2012. Integrating Nutrition and Physical Activity, 5th ed. Copenhagen: <https://norden.divaportal.org/smash/get/diva2:704251/FULLTEXT01.pdf>
10. Larsson SC., Virtamo J., Wolk A. Total and specific fruit and vegetable consumption and risk of

- stroke: a prospective study. *Atherosclerosis* 2013 ;227:147-52.
11. Mursu J., Virtanen JK., Tuomainen TP., Nurmi T., Voutilainen S. Intake of fruit, berries, and vegetables and risk of type 2 diabetes in Finnish men : The Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *Am J Clin Nutr* 2014;99: 328-33.
 12. Fogelholm M., Anderssen S., Gunnarsdottir I., Lahti-Koski M. Dietary macronutrients and food consumption as determinants of long term weight change in adult populations: a systematic literature review. *Food Nutr Res* 2012;56: 19103.
 13. Järvi A., Karlström B., Vessby B., Becker W. Increased intake of fruits and vegetables in overweight subjects: effects on body weight, body composition, metabolic risk factors and dietary intake. *Br J Nutr* 2016;115: 1760-8.
 14. Halvorsen RE., Elvestad M., Molin M., Aune D. Fruit and vegetable consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose–response meta-analysis of prospective studies. *BMJ Nutr Prev Health* 2021;4(2): e000218.
 15. Telle-Hansen VH., Gaundal L., Myhrstad MCW. Polyunsaturated Fatty Acids and Glycemic Control in Type 2 Diabetes. *Nutrients* 2019;11(5): 2-18.
 16. Iatsopoulos C., Marx WH., Mayr L., Taticu-Babet OA., Dash SR., George ES. et al. The role of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation in the management of type 2 diabetes mellitus A narrative review C. *J Nutr Int Metab* 2018;14:42-51.
 17. Souci SW., Fachmann W., Kraut H. La comparaison des aliments. Tableaux des valeurs nutritives. 6ème édition CRC Press. Medpharm Scientific Publishers 2000; 1-1182.
 18. Martin A. CNERNA-CNRS. Les apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris: Tec et Doc Lavoisier 2001; 168-170.
 19. Apfelbaum M., Forrat C., Nillus P. Diététique comme traitement d’appoint. Abrégé de diététique et de nutrition. Ed. Masson 1995. p240.
 20. Wolever T., Barbeau MC., Charron S., Harrigan K., Leung S., Mad Rick B. Guidelines for the nutritional management of diabetes mellitus in the new millennium. *Can J Diabetes Care* 1999;23: 56-9.
 21. Riccardi G., Vitale M., Giacco R. Treatment of Diabetes with Lifestyle Changes: Diet. Diabetes. Epidemiology, Genetics, Pathogenesis, Diagnosis, Prevention, and Treatment. *Springer Nature* 2018; 1-16.
 22. American Diabetes Association (ADA). Diagnosing Diabetes and Learning about Prediabetes. 2017. <https://www.diabetes.org/a1c/diagnosis>.
 23. Zhang Y., You D., Lu N., Duan D., Feng X., Astellburt T. et al. Potatoes Consumption and Risk of Type 2 Diabetes: A Meta-analysis *Iran J Public Health* 2018;47(11): 1627-35.
 24. Guyenet SJ. Impact of Whole, Fresh Fruit Consumption on Energy Intake and Adiposity: A Systematic Review. *Front Nutr* 2019;6: 1-19
 25. Wang DD., Li Y., Bhupathiraju SN., Rosner BA., Sun Qi., Giovannucci EL. et al. Fruit and Vegetable Intake and Mortality Results From 2 Prospective Cohort Studies of US Men and Women and a Meta-Analysis of 26 Cohort Studies. *Circulation*. 2021;143(17): 1642-54.
 26. Bhupathiraju SN., WedickNM., Pan A., Manson JE., Rexrode KM., Willett WC. et al. Quantity and variety in fruit and vegetable intake and risk of coronary heart disease. *Am J Clin Nutr* 2013; 98: 1514-23.
 27. Borgi L., Muraki I., Satija A., Willett WC., Rimm EB., Forman JP. Fruit and vegetable consumption and the incidence of hypertension in three prospective cohort studies. *Hypertension* 2016;67: 288-93.
 28. Chester B., Babu JR., Greene MW., Geetha T. The Effects of Popular Diets on Type 2 Diabetes Management. *Diabetes Metab Res Rev* 2019; 35 (8): 3188.
 29. Panagiotakos DB., Polystipiotti A., Papairakleous N., Polychronopoulos E. Long-term adoption of a Mediterranean diet is associated with a better health status in elderly people; a cross-sectional survey in Cyprus. *Asia Pac J Clin Nutr* 2007; 16(2): 331-7.
 30. Arredondo A., Reyes G. Health Disparities from Economic Burden of Diabetes in Middle-income Countries: Evidence from México. *PLoS ONE* 2013;8(7): 1-6.
 31. Han CY., Chan CGB., Lim SL., Zheng X., Woon ZW., Chan YT. et al. Diabetes-related nutrition knowledge and dietary adherence in patients with Type 2 diabetes mellitus: A mixed-methods exploratory study *Proc Singap Health* 2020;29: 81-90.
 32. Ley S., Pan A., Li Y., Manson J., Willett W., Sun Q., Hu F. Changes in overall diet quality and subsequent type 2 diabetes risk: three u.s. prospective cohorts. *Diabetes Care* 2016;39: 2011-6.
 33. Wu Y., Zhang D., Jiang X., Jiang W. Fruit and vegetable consumption and risk of type 2 diabetes mellitus: a dose–response meta-analysis of

- prospective cohort studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2015;25(2): 140-7.
34. Schwingshackl L., Hoffmann G., Lampousi AM., Knüppel S., Iqbal K., Schwedhelm C. et al. Food groups and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur J Epidemiol* 2017;32(7): 363-75.
 35. Wang PY., Fang JC., Gao ZH., Zhang C., Xie SY. Higher intake of fruits, vegetables or their fiber reduces the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis. *J Diabetes Investig* 2016;7(1): 56-69.
 36. Cooper AJ., Sharp SJ., Lentjes MAH., Luben RN., Khaw K-T., Wareham NJ. et al. A prospective study of the association between quantity and variety of fruit and vegetable intake and incident type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2012;35(6): 1293-300.
 37. Kurotani K., Nanri A., Goto A., Tetsuya Mizoue T., Mitsuhiro Noda M., Kato M. Vegetable and fruit intake and risk of type 2 diabetes: Japan Public Health Center-Based Prospective Study. *Br J Nutr* 2013;109(4): 709-17.
 38. Mostad IL., Bjerve KS., Bjorgaas MR., Lydersen S., Grill V. Effects of n-3 fatty acids in subjects with type 2 diabetes: reduction of insulin sensitivity and time-dependent alteration from carbohydrate to fat oxidation. *Am J Clin Nutr* 2006;84(4): 540-50.
 39. Farsi PF., Djazayery A., Eshraghian MR., Koohdani F., Saboor-Yaraghi AA., Derakhshanian H. Effects of supplementation with omega-3 on insulin sensitivity and non-esterified free fatty acid (NEFA) in type 2 diabetic patients. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2014;58(4): 335-40.
 40. Attia HRM., Kamel SA., Ibrahim MH., Farouk HA., Rahman AHA., Sayed GH., Musa NI. Open-array analysis of genetic variants in Egyptian patients with type 2 diabetes and obesity. *EJMHG* 2017; 18(4): 341-8.
 41. Jensen MD., Ryan DH., Apovian CM., Ard JD., Comuzzie AG., Donato KA.... 2013 AHA/ACC/TOS Guideline for the Management of Overweight and Obesity in Adults: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society 2014. *Circulation*; 129(25Sup2): 102-38.
 42. Maryniuk MD. From pyramids to plates to patterns: perspectives on meal planning. *Diabetes Spectr* 2017;30(2): 67-70.
 43. Sadiya A., Mnlia R. Impact of food pattern on glycemic control among type 2 diabetic patients: a cross-sectional study in the United Arab Emirates. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2019;12: 1143-50.
 44. Bazzano LA., Serdula MK., Liu S. Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease. *Curr Atheroscler Rep* 2003;5(6): 492-9.
 45. Dong Y., Chen L., Gutin B., Zhu H. Total, insoluble, and soluble dietary fiber intake and insulin resistance and blood pressure in adolescents. *Eur J Clin Nutr* 2019;73(8): 1172-8.
 46. Zhao L., Zhang F., Ding X., WU G., LAM YY., Wang X. et al. Gut bacteria selectively promoted by dietary fibers alleviate type 2 diabetes. *Science* 2018;359(6380): 1151-6.
 47. Lau WL., Vaziri ND. Gut microbial short-chain fatty acids and the risk of diabetes. *Nat Rev Nephrol* 15(7): 389-90.
 48. Vinayagam R., Xu B. Antidiabetic properties of dietary flavonoids: a cellular mechanism review. *Nutr Metab* 2015;12: 60.
 49. Wojcicki JM., Heyman MB. Reducing childhood obesity by eliminating 100% fruit juice. *Am J Public Health* 2012;102(9):1630-3.
 50. Minamoto-Higashioka M., Kawamura R., Umakoshi H., Yokomoto-Umakoshi M., Utsunomiya D., Osawa H., Kondo S. Seasonal Variation in Severe Glucose-lowering Drug-induced Hypoglycemia in Patients with Type 2 Diabetes. *Intern Med* 2019;58: 1067-72.