

ETUDE DE LA RELATION ENTRE LE CAPITAL ANTIOXYDANT ET LA FONCTION RENALE CHEZ LES DIABÉTIQUES DE TYPE 2 A DAKAR

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ANTIOXIDANT CAPITAL AND RENAL FUNCTION IN TYPE 2 DIABETIC PATIENTS IN DAKAR

ARDJA A. A¹, DIAW M¹, SECK SM², SOW AK³, DIALLO F⁴, BA A¹, & SAMB A¹.

1. Laboratoire de Physiologie Humaine, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, UCAD, Sénégal.
2. Service de médecine interne néphrologie, UFR des Sciences de la Santé, Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal.
3. Laboratoire de Physiologie pharmaceutique, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, UCAD, Sénégal.
4. Laboratoire de Biochimie Pharmaceutique, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, UCAD, Dakar, Sénégal.

Résumé

Introduction : L'hyperglycémie du diabète de type 2 (DT2) est responsable d'une glycolyse accrue, qui par accroissement du potentiel de la membrane mitochondriale augmente la formation des radicaux libres. Ce qui entretient un stress oxydant qui a été décrit comme un facteur de risque cardiovasculaire pouvant toucher tous les organes. Cette étude a pour objectif d'évaluer la relation entre le capital antioxydant et la fonction rénale évaluée par la mesure du débit de filtration glomérulaire (DFG) chez des diabétiques de type 2 vivant dans la région de Dakar (Sénégal).

Méthodologie : Nous avons mené une étude transversale de type cas-témoins, portant sur 48 patients donc 24 diabétiques et 24 non diabétiques. Les paramètres tels que le sexe, l'âge, l'Indice de masse corporelle (IMC) ont été mesurés. Nous avons mesuré la glycémie à jeun, l'urée, la créatinine, l'acide urique, le cholestérol total, les triglycérides, le cholestérol HDL, le cholestérol LDL grâce à la méthode enzymatique et par la méthode colorimétrique l'hémoglobine glyquée, l'albumine, le cuivre et le zinc ont été évalués.

Résultats : L'âge moyen des diabétiques était de 51,41±8,09 ans, celui des témoins était de 48,95±8,20 ans. Une prédominance féminine a été notée dans le groupe des diabétiques de type 2 (sex-ratio : 0,5) et dans le groupe des témoins, le sex-ratio était de 1,18. L'indice de masse corporelle était de 23,85 ± 2,83 Kg/m² chez les diabétiques et 24,78 ± 4,34 Kg/m² chez les non diabétiques sans aucune différence significative. Nos patients diabétiques avaient une diminution du débit de filtration glomérulaire (DFG). En effet, 20% des patients qui présentait un taux DFG inférieur à 60 ml/mn/1,73 m² et 33% avaient une hypoalbuminémie associée à une réduction du rapport Cu/Zn. Une corrélation négative a été trouvée entre hémoglobine glyquée et l'hypoalbuminémie (r=-0,3 ; p=0,038) et entre la glycémie et rapport Cu/Zn (r=-0,31 ; p=0,03).

Conclusion : La surproduction des espèces réactives d'oxygène consécutive à l'hyperglycémie chronique du diabète de type 2 semble être un facteur favorisant la survenue des altérations de la fonction rénale. Ainsi un régime riche en substances antioxydantes pourrait être une piste potentielle pour la prévention de l'altération de la fonction rénale secondaire au DT2.

Mots-clés : Diabète de type 2, stress oxydatif, fonction rénale.

Summary

Introduction: The hyperglycemia of type 2 diabetes (T2DM) is responsible for increased glycolysis, which in turn increases the formation of free radicals by raising the potential of the mitochondrial membrane. This leads to oxidative stress, which has been described as a cardiovascular risk factor affecting all organs. The aim of this study was to evaluate the relationship between antioxidant capital and renal function, as assessed by measuring glomerular filtration rate (GFR) in type 2 diabetics living in the Dakar region (Senegal).

Methodology: we lead a cross-section control-case study, relating to 48 subjects of whom 24 were diabetic and 24 were no diabetic. The factors related to sex, to age and BMI were measured. For the biological parameters, we measured the fasting glucose level, glycated hemoglobin, urea, creatinine, uric acid, total cholesterol, triglycerides, HDL, LDL, albumin, copper and zinc.

Results: The mean age of diabetics was 51.41±8.09 years, that of controls 48.95±8.20 years. A female predominance was noted in the type 2 diabetic group (sex ratio: 0.5) and in the control group, the sex ratio was 1.18. Body mass index was 23.85 ± 2.83 Kg/m² in diabetics and 24.78 ± 4.34 Kg/m² in non-diabetics, with no significant difference. Our diabetic patients had reduced glomerular filtration rate (GFR). Indeed, 20% of patients had a GFR rate below 60 ml/min/1.73 m² and 33% had hypoalbuminemia associated with a reduced Cu/Zn ratio. A negative correlation was found between glycated hemoglobin and hypoalbuminemia (r=-0.3; p=0.038) and between blood glucose and Cu/Zn ratio (r=-0.31; p=0.03).

Conclusion: Chronic hyperglycemia and overproduction of reactive oxygen species linked to type 2 diabetes appear to be the factors favoring the occurrence of alteration in renal function. Thus, a diet rich in antioxidant substances would be an important means of preventing the alteration of renal function secondary to T2DM.

Keywords: Type 2 diabetes, oxidative stress, renal function.

Correspondance : Dr Ali Ahmat Ardja ; Laboratoire de Physiologie Humaine, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, UCAD, Sénégal. Email : aliamatardja@gmail.com

*Soumis le 21 Fevrier 2024
Revisé le 24 Decembre 2024
Accepté le 2 Janvier 2025*

INTRODUCTION

Le diabète sucré est un état d'hyperglycémie chronique lié à une carence absolue ou relative en insuline, en rapport avec des facteurs génétiques et ou environnementaux agissant souvent de concert. C'est une affection chronique, considérée aujourd'hui comme une véritable pandémie. D'après la Fédération Internationale du Diabète (FID), le nombre d'adultes atteints de diabète dans le monde est estimé à 366,2 millions. Parmi ceux-ci, 14,7 millions vivent en Afrique [1]. En Afrique sub-saharienne, la prévalence du diabète est en augmentation. L'Afrique a aussi la plus forte proportion de diabètes non diagnostiqués à travers le monde ; celle-ci est estimée au moins à 78% [1]. Le diabète de type 2 est une affection qui expose les patients aux complications chroniques dégénératives nécessitant souvent des hospitalisations longues et onéreuses.

Le continent africain, dont une part importante de la population réside dans les régions subsahariennes, est confronté à un fardeau considérable de DT2. Etudier la prévalence des complications vasculaires chez les personnes atteintes de DT2 en Afrique subsaharienne et à explorer les mécanismes potentiels contribuant à la pathogenèse de ces complications [2]

La néphropathie diabétique est une des complications micro-vasculaires qui évolue vers une insuffisance rénale terminale, elle s'associe à une hausse importante de la morbi-mortalité cardio-vasculaire. La physiopathologie de la néphropathie diabétique (ND) relèverait de la glucotoxicité et du stress oxydatif mais aussi des modifications de l'hémodynamique intra-rénale [3 ;4].

L'évaluation du capital antioxydant consiste à mesurer les sources d'antioxydants : exogènes et/ou endogènes particulièrement certains oligoéléments cofacteurs d'enzymes antioxydantes comme le sélénium, le cuivre et le zinc) [5 ; 6].

Le but de cette étude c'était d'établir le lien entre le capital antioxydant et l'altération de la fonction rénale chez les sujets diabétiques de type 2.

METHODOLOGIE

1. Sujets et Protocole

1.1. Sujets

Il s'agissait d'une étude transversale de type cas-témoins et menée sur une période de deux mois (2), allant de juin au mois d'août 2019 à Dakar. L'étude a été réalisée dans les structures suivantes : Laboratoire de Physiologie et Explorations Fonctionnelles et Laboratoire de Biochimie Médicale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et service de Médecine Interne de l'Hôpital Principal de Dakar (HPD). Tous les sujets avaient accepté de participer volontairement

à l'étude par une signature d'un formulaire de consentement libre et éclairé. Le protocole a été conçu conformément aux directives de la déclaration d'Helsinki et a été approuvé par le comité d'éthique de l'UCAD. La population d'étude était composée de 48 sujets dont 24 étaient diabétiques de type 2 et le reste était formé par les témoins. Le recrutement concernait des patients diabétiques de type 2 suivis au service de médecine interne de l'hôpital principal de Dakar. Le diagnostic de diabète de type 2 a été retenu sur la base des critères édictés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) depuis 1998. Quant aux sujets contrôles (non diabétiques), ils étaient des individus n'ayant pas eu au moment de l'étude aucune pathologie déclarée pouvant altérer la fonction rénale, leur glycémie à jeun était inférieure à 1,10g/l, ils ont été recrutés dans la population générale.

1.2. Protocole

Les participants à l'étude ont été convoqués à jeun le matin au Laboratoire de Biochimie Médicale de la Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontologie, de l'UCAD. Après un examen clinique complet, l'âge, la taille et le poids corporel de notre population d'étude ont été évalués. L'indice de masse corporelle (IMC) de nos sujets a été calculé par la formule de Quetelet : $IMC = \text{Poids corporel (kg)} / \text{Taille (m}^2\text{)}$. Les pressions artérielles systolique (PAS) et diastolique (PAD) des sujets ont été mesurées 3 fois au niveau des deux bras à l'aide d'un sphygmomanomètre (Omron M3 ; Intellisense, Kyoto, Japan) en position assise après un repos de 30 minutes. La pression artérielle moyenne (PAM) a été calculée selon la formule suivante : $PAM = PAS + 1/3 PAD$. L'hypertension artérielle (HTA) a été définie selon les recommandations de l'Association Américaine de Cardiologie c'est-à-dire $PAS \geq 140$ mmHg et/ou $PAD \geq 90$ mm Hg. Des prélèvements veineux ont été réalisés et des paramètres biochimiques ont été évalués en utilisant l'automate de Bio-Systems analyzer A15. La glycémie, l'urée, la créatinine, la micro-albumine, l'acide urique ainsi que le profil lipidique ont été donnés par la méthode enzymatique. Quant aux molécules oxydantes (albumine, cuivre, le zinc, bilirubine totale) ainsi que l'hémoglobine glyquée (HbA1C), elles ont été mesurées par la méthode colorimétrique. Le débit de filtration glomérulaire (DFG) a été obtenu en utilisant la formule MDRD.

2. Analyses statistiques

Les données recueillies ont été saisies grâce au logiciel Excel 2013. Les données quantitatives ont été exprimées en moyennes \pm écart type et les données qualitatives ont été exprimées en pourcentages. La comparaison des moyennes entre les deux groupes a été réalisée à l'aide du t-test, alors que

celle des pourcentages a été réalisée par le test de Chi-deux et nous avons calculé les Odds Ratio (OR) avec intervalle de Confiance à 95% (IC95%) pour évaluer le risque de survenue de complications dans les groupes. Les corrélations ont été réalisées grâce au test de corrélation de Pearson. Le seuil de significative a été fixé à $p < 0,05$. Le logiciel Graph Prism a été utilisé.

RESULTATS

1- Caractéristiques anthropométriques des deux groupes.

L'âge moyen des patients diabétiques était de $51,41 \pm 8,09$ ans et celui des témoins était de $48,95 \pm 8,20$ ans ($p=0,402$). Une prédominance féminine avec un sex-ratio(H/F) de 0,5 chez les diabétiques et une prédominance masculine avec un sex-ratio(H/F) de 1,18 chez les témoins. La valeur moyenne du poids corporel, était de $72,66 \pm 8,07$ Kg chez les diabétiques et $71,08 \pm 10,17$ Kg chez les non diabétiques ($p=0,666$). L'indice de masse corporel moyen était de $23,85 \pm 2,83$ Kg/m² chez les diabétiques et $24,78 \pm 4,34$ Kg/m² chez les non diabétiques ($p=0,527$).

2. Profil cardiovasculaire

La pression artérielle moyenne systolique et diastolique étaient respectivement de $119,16 \pm 6,11$ mmHg et $77,16 \pm 4,13$ mmHg chez les diabétiques et de $118,33 \pm 10$ mmHg et $77,91 \pm 3,95$ mmHg chez les non diabétiques sans une différence significative.

3 Paramètres biochimiques

La glycémie à jeun des diabétiques ($1,70 \pm 0,64$ g/L) était statistiquement plus élevée ($p= 0,001$) que celle des témoins ($1,06 \pm 0,11$ g/L). Le taux moyen de l'hémoglobine glyquée (HbA1C) était de $5,93 \pm 0,96\%$ dans le groupe des diabétiques et de $4,96 \pm 0,48\%$ dans le groupe des témoins avec une différence significative ($p < 0,002$). Le taux moyen du cholestérol HDL chez les diabétiques était de ($0,54 \pm 0,08$ g/l) et celui des non diabétiques était de $0,63 \pm 0,12$ g/l avec une différence significative ($0,016$). En revanche, il n'y a pas de différence significative ($p < 0,325$) entre le taux moyen du cholestérol LDL des sujets atteints de diabète de type 2 et celui des témoins ($1,02 \pm 0,26$ g/L contre $0,83 \pm 0,22$ g/L respectivement). Quant au cholestérol total, il n'y avait pas de différence significative ($p=0,447$) entre les deux groupes, il était de $1,85 \pm 0,30$ g/l pour les diabétiques et de $1,76 \pm 0,21$ g/l. De même pour le taux moyen des triglycérides qui était $1,18 \pm 0,27$ g/l chez les diabétiques et $1,43 \pm 0,46$ g/l chez les non diabétiques (Tableau I).

4- Evaluation de la fonction rénale

Les diabétiques avaient une valeur moyenne de l'urée de ($0,42 \pm 0,09$ g/l) et celle des non diabétiques était de ($0,53 \pm 0,29$ g/l) sans différence significative ($p=0,441$). Nous n'avons pas également trouvé de différence significative entre la créatinine des diabétiques et celle des témoins ($11,61 \pm 2,14$ mg/l vs $13 \pm 5,53$ mg/l respectivement). Le DFG moyen des diabétiques et celui des non diabétiques étaient statistiquement non significatifs aussi. Néanmoins 20% des diabétiques avaient un DFG inférieur à 60 ml/min/1.73m² et aucun témoin n'avait un DGF inférieur à cette valeur, la différence était significative ($P < 0.001$; OR (IC 95%) : 0,019 (0,001- 0,32), voir le (Tableau II).

5- Marqueurs du capital antioxydant

La valeur moyenne de l'albumine était significativement inférieure chez les diabétiques) par rapport à celle des témoins ($34,79 \pm 2,17$ g/l \neq $40,83 \pm 3,9$ g/l. $p=0,003$). Il n'y avait aucune différence significative des autres paramètres antioxydants entre les deux groupes (Tableau V). Cependant nous avons observé une élévation du taux de zinc ($143,4 \pm 53,67$ µg/L) et une diminution du taux de cuivre (108 ± 12 µg/L) et du rapport Cu/Zn ($0,90$ µg/L) chez les diabétiques par rapport aux témoins de manière significative ($p < 0.05$), voir la (Figure 2).

L'analyse des données a montré une corrélation négative entre la glycémie et le rapport Cu/Zn ($p = 0,031$ $r = - 0,31$), de même une corrélation négative ($p = 0,038$ $r = - 0,3$) entre l'hémoglobine glyquée et l'albumine sérique (Figure 1).

DISCUSSION

Nous avons mené une étude transversale cas-témoins, dont l'objectif principal était d'étudier la relation entre le capital antioxydant et la fonction rénale chez des diabétiques de type 2 à Dakar.

1.Diabète de type 2 et système oxydant/antioxydant

Dans notre étude, la moyenne de la glycémie était de $1,70 \pm 0,64$ g/L chez les diabétiques et de $1,06 \pm 0,11$ g/L chez les témoins avec une différence statistiquement significative ($p=0,001$). Ces valeurs étaient similaires à celles des autres [7] qui avait retrouvé respectivement $1,84 \pm 0,80$ g/L et $0,77 \pm 0,12$ g/L. L'hyperglycémie chronique a été observée chez 54,2% des diabétiques dans notre étude. De même, la moyenne de l'hémoglobine glyquée était significativement ($p=0,002$) plus élevée chez les diabétiques ($5,93 \pm 0,96\%$) par rapport aux témoins ($4,62 \pm 0,48\%$). la moyenne légèrement supérieure (8,48%) avait été trouvée par Rochdi au Centre Marc Mankale [8]. Ce faible taux du déséquilibre diabétique dans notre étude pourrait s'expliquer par le fait que la

plupart de nos patients avaient une bonne observance hygiéno-diététique et thérapeutique.

Dans notre étude, nous avons observé également une dyslipidémie en faveur d'une diminution de HDL cholestérol dans le groupe des diabétiques comparativement aux témoins. Ces résultats corroborent à celui de Ghoul 2020 [9] qui avait trouvé des résultats similaires. La diminution de HDL expose les diabétiques au stress oxydant caractérisé par un risque cardiovasculaire accru. En effet, notre étude a rapporté des valeurs moyennes de zinc qui étaient plus élevées chez les patients diabétiques ($143,4 \pm 53,67 \mu\text{g/l}$) comparés à celles des témoins ($102,72 \pm 20,62 \mu\text{g/l}$), avec une différence statistiquement significative ($p=0,038$). Notre résultat diffère de celui de travail de N. El Omri et coll. [10] qui avait retrouvé une hypozincémie chez des diabétiques comparés à des individus non diabétiques. Toutefois, des études ont révélé qu'un défaut ou excès de zinc résulterait d'un état pro-oxydant [11 ; 12]. L'excès général ou localisé de zinc est responsable de son effet toxique. Le Zn peut ainsi passer d'un rôle antioxydant à un rôle prooxydant : à l'état libre, ce dernier serait à l'origine de la formation indirecte de radicaux libres. Ces hypothèses sont confirmées par certaines études notamment réalisées sur les neurones [13]. La séquestration du Zn en excès par la mitochondrie se traduirait par un dysfonctionnement de la mitochondrie caractérisé par un relargage prolongé des ERO [13]. Ce qui pourrait signifier que le taux élevé de zinc chez notre population diabétique est en faveur d'un stress oxydatif. Dans notre étude la moyenne du rapport Cuivre/Zinc (Cu/Zn) était effondrée chez les diabétiques (0,90), alors que celle des témoins était de 1,15.

Les fluctuations de taux plasmatique de zinc sont inversement proportionnelles à celles du cuivre. De nombreuses protéines possèdent dans leur structure propre ou fixent sur certains de leurs sites actifs des ions métalliques et sont donc rassemblées, par commodité de langage, sous le terme de métalloprotéines. Les métallothionéines fixent le cuivre, le zinc et le cadmium. L'affinité mutuelle des sulfures et des métaux de transition fait que la liaison de ces métaux à la MT est thermodynamiquement stable. En effet, le zinc entre en compétition avec le cuivre pour la fixation sur les sites spécifiques de métalloprotéines [14 -16].

La valeur moyenne de la bilirubine totale chez les diabétiques était de $0,45 \pm 0,18 \text{ mg/L}$ et de $1,06 \pm 0,28 \text{ mg/L}$ chez les témoins. Des taux moyens modérément élevés à ceux de notre étude ont été observés par d'autres auteurs [7] qui avait retrouvé $1,15 \pm 0,14 \text{ mg/L}$ chez les diabétiques et $0,87 \pm 0,12 \text{ mg/L}$ chez les témoins.

La bilirubine est capable de piéger les radicaux peroxydes et oxygène singulet. Ainsi, elle protège l'albumine et les acides gras liés à l'albumine contre

des agresseurs radicaux [17].

2. Diabète de type 2, état oxydant et la fonction rénale

Lors de la pathologie diabétique, l'hyperglycémie chronique constitue un stress oxydant. Elle est responsable de l'augmentation de la glycolyse qui par accroissement du potentiel de la membrane mitochondriale augmente la formation de radicaux libres [18]. Cette hyperglycémie diabétique chronique est à l'origine des complications vasculaires telle la néphropathie qui s'installe par des modifications de l'hémodynamique intra-rénale [4]

La valeur moyenne du taux de DFG chez les diabétiques était de $79,54 \pm 16,86 \text{ ml/min/1,73m}^2$ alors que celle des témoins était de $86,64 \pm 16,44 \text{ ml/min/1,73m}^2$ sans une différence statistiquement significative ($p=0,280$). Cette valeur de DFG est comparable à celle de l'étude réalisée par Ndour à Thies (2013) [19] qui avait retrouvé une valeur moyenne de $76,23 \pm 19,06 \text{ ml/min/1,73m}^2$ chez les diabétiques.

Nous avons remarqué que 20% de nos patients diabétiques avaient un taux DFG inférieur à $60 \text{ ml/mn/1,73 m}^2$ tandis que tous les témoins avaient un DFG normal. Une étude réalisée par Ndour (2013) [19] avait retrouvé seulement 14,29% des patients qui avaient un DFG altéré.

Dans notre étude les résultats montrent que le taux d'albumine est plus élevé chez les témoins par rapport aux diabétiques de manière statistiquement significative ($p=0,003$). Une hypo-albuminémie a été observée chez 33% des patients diabétiques en revanche tous les témoins avaient une albuminémie normale. Nous avons observé aussi que tous les patients diabétiques dont la fonction rénale altérée avaient une hypo-albuminémie.

Selon certaines études, l'augmentation du taux des protéines plasmatiques et leur glycation dans le diabète jouent un rôle important dans la réduction du stress oxydatif plasmatique et diminuent l'amplification de la destruction des globules rouges par les oxydants [20]. Cela suppose qu'une hypo-albuminémie quelle qu'en soit l'insuffisance d'apport (sous-alimentation) ou augmentation de perte (fuite rénale par glomérulonéphrite diabétique) pourrait contribuer à aggraver le stress oxydatif du patient diabétique [20].

Dans notre étude, nous observons également une dyslipidémie en faveur d'une diminution significative de HDL cholestérol dans le groupe des diabétiques comparativement aux témoins. Des études ont montré qu'une diminution du taux d'albumine est associée à la diminution de taux HDL et l'augmentation des autres paramètres lipidiques [21]. Nos résultats indiquent qu'un état pro-oxydant semble être un facteur déterminant dans les mécanismes physiopathologiques des altérations de la filtration

glomérulaire liées au diabète de type 2. Au terme de notre étude, nos résultats suggèrent l'ingestion des substances antioxydantes pourrait être efficace pour prévenir la néphropathie diabétique qui constitue un grand problème de santé publique dans nos pays.

CONCLUSION

Le diabète de type 2 est un problème de santé publique dans nos pays. En effet, il constitue un facteur de risque cardiovasculaire majeur ; ses complications macro/microangiopathiques sont des causes d'une lourde morbi-mortalité chez cette population. Les mécanismes physiopathologiques des complications cardio-vasculaire liées au diabète de type 2 constituent aujourd'hui un grand champ de recherche clinico-fondamentale. En revanche, dans nos pays les études dont les objectifs étaient d'étudier les aspects fondamentaux des macro/microangiopathies diabétiques sont rares. C'est ainsi que nous avons mené cette étude, et au terme nos résultats montrent que le diabète de type 2 serait à l'origine d'une hyperglycémie chronique associée à un état pro-oxydant. Et ceci pourrait augmenter le risque de survenue des complications comme la néphropathie diabétique.

Tableau I : Comparaison du profil lipidique et biochimique entre les groupes.

Paramètres	Diabétiques	Témoins	P-value
Chol.T (g/l)	1,85 ± 0,30	1,76 ± 0,21	0,447
HDL (g/l)	0,54 ± 0,08	0,63 ± 0,12	0,016
TG (g/l)	1,18 ± 0,27	1,43 ± 0,46	0,207
LDL (g/l)	1,02 ± 0,26	0,83 ± 0,22	0,325
Glycémie (g/l)	1,70 ± 0,64	1,06 ± 0,11	0,001
HbA1c(%)	5,93 ± 0,96	4,62 ± 9,26	0,002

Tableau II : Comparaison des paramètres de la fonction rénale entre les groupes

Paramètres	Diabétiques	Témoins	P-value
Urée (g/l)	0,42 ± 0,09	0,53 ± 0,29	0,441
Créatininémie (mg/l)	11,61 ± 2,14	13 ± 5,53	0,616
DFG(ml/min/1.73m ²)	79,54 ± 16,86	86,6 ± 16,44	0,280
DFG ≥ 60ml/mm (%)	80	100	P< 0,001 ; OR (IC 95%): 0,019 (0,001- 0,32)

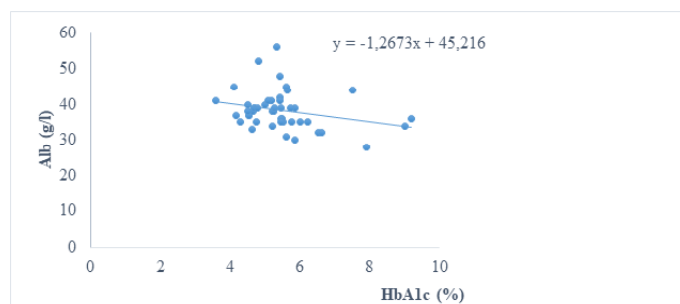


Figure 1 : Courbe de corrélation entre l'hémoglobine glyquée et l'albumine sérique

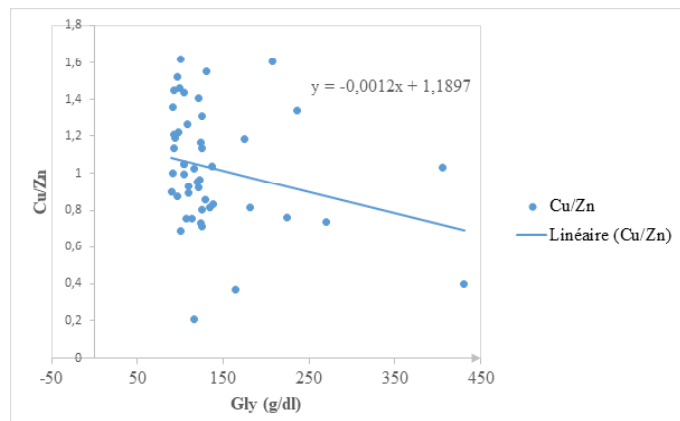


Figure 2 : Courbe de corrélation entre la glycémie et le rapport Cu/Zn

RÉFÉRENCES

1. International Diabetes Federation IDF diabetes Atlas 5th Edition 2012, Update
2. Mor Diaw, Awa Ba Diop et al Deciphering Vascular Dynamics Alterations in Sub-Saharan Individuals with Type 2 Diabetes: Overview and Temporal Analysis of Nitric Oxide Administration. *Advances in Applied Physiology*. 2024 ; Vol. 9. N°1, pp 1-12. 10.11648/j.aap.20240901.11.
3. Randoux C, Gillery P et al. Filtration of native and glycated beta2-microglobulin by charged and neutral dialysis membranes. *Kidney Int*. 2001;60(4):1571-7. Epub 2001/09/29
4. ALDER A, STEVENS R J, MANLEY S E. Développement and progression of nephropathy in type 2 Diabète : The United Kingdom Prospective Diabète Study (UKPDS 64). *Kidney Int*, 2003 ; 63 :225-32.
5. Tupe R, Diwan A et al. Association of plasma proteins at multiple stages of glycation and antioxidant status erythrocyte oxidative stress in patients with type 2 diabetes. *Br J Biomed Sci*. 2014 ;71(3) :93-9 ; quiz 138. Epub 2014/10/01.
6. Pincemail J. Bonjean K et al. Régulation des ERO par les antioxydants ; *Nutrition Clinique et Métabolisme* Volume 16, Issue 4, December 2002, Pages 233-239
7. Drame B Le capital antioxydant chez les patients diabétiques de type 2 à Bamako-Mali Thèse, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, année 2016
8. Rochdi H Prévalence des dyslipidémies, chez les diabétiques au centre Marc Sankale de Dakar entre janvier et juin 2017. Thèse, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, année 2018, N°224
9. Ghoul R. Le cholestérol non-HDL et les risques de maladies cardiovasculaires chez les diabétiques de type

2. Mémoire, UNIVERSITÉ 8 MAI 1945 GUELMA, Algérie, année 2020
10. El Omri N, Mekouar F et al Quel statut du stress oxydatif chez les diabétiques de type 2 marocains ? *Annales d'endocrinologie* 2016 ; 77 (4) : 513
11. Richard A, Anne-Marie R et al Potential Antioxidant Effects of Zinc and Chromium Supplementation in People with Type 2 Diabetes Mellitus. <https://doi.org/10.1080/07315724.2001.10719034> Consulté le 20 septembre 2019 à 11H
- 12 Jesus Cardenas Zinc- Roles, besoins et sources alimentaires. *Révision médicale*, 2017
13. Kagi, J. H. Overview of metallothionein. *Methods in enzymology* 1991; 205, 613-26
14. Kang, Y. J. Metallothionein redox cycle and function. *Experimental biology and medicine* 2006; (Maywood, N.J 231, 1459-67.
15. Sensi, S. L., and Jeng, J. M. Rethinking the excitotoxic ionic milieu: the emerging role of Zn (2+) in ischemic neuronal injury. *Current molecular medicine* 2004; 4, 87-111.
16. Prasad S, Oberleas D et al. Studies on zinc deficiency : changes in trace elements and enzyme activities in tissues of zinc-deficiency rats. *The Journal of clinical investigation*. 1967 ; 46(4) : 549-57
17. Chappey O, Dosquet C et al. Advanced glycation end products, oxidant stress and vascular lesions. *Eur J Clin Invest*. 1997;27(2):97-108.
18. Joshi M, Williams D et al. Role of mitochondrial dysfunction in hyperglycaemia-induced coronary microvascular dysfunction: Protective role of resveratrol. *Diabetes & vascular disease research*. 2015;12(3):208-16.
19. Ndour M Contribution à l'étude du débit de filtration glomérulaire (DFG) au cours du diabète. These, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, année 2013 N°04
20. Langsjoen P, Langsjoej M. The clinical use of HMG CoA-reductase inhibitors and the associated depletion of coenzyme Q10. A review of animal and human publications. *Biofactors* 2003 ; 18(1-4) : 101-11.
21. Mattock M, Cronin N. et al. Plasma lipid and urinary excretion rate in diabetes mellitus: Eurodiab IDDM complications study 1996;19 (7):689–697