

Facteurs déterminants du mauvais contrôle glycémique au Burundi

Emmanuel BARANKANIRA^{1*}, Arnaud IRADUKUNDA² et Nestor NTAKABURIMVO²

¹ *École Normale Supérieure, Département des Sciences Naturelles, BP 6983 Bujumbura, Burundi*

² *Université du Lac Tanganyika, Département de Statistique, BP 5403 Bujumbura, Burundi*

* Correspondance, courriel : baremma2002@yahoo.fr

Résumé

Notre étude s'intéresse à l'analyse des facteurs qui déterminent le mauvais contrôle glycémique au Burundi. Elle porte sur un échantillon de 309 patients admis mensuellement en 2017 dans le service de Médecine Interne de l'Hôpital Militaire de Kamenge. L'analyse des facteurs associés au mauvais contrôle glycémique a été réalisée à l'aide des modèles logistiques binaires à effets fixes. Les résultats montrent que plus d'un quart des patients ont un mauvais contrôle glycémique. Les facteurs associés à ce mauvais contrôle glycémique sont le célibat, l'âge compris entre 40 et 60 ans et le fait d'être diabétique. La coexistence des facteurs chez le même patient augmente la probabilité d'avoir le mauvais contrôle glycémique. Des probabilités prédites du mauvais contrôle glycémique très élevées s'observent chez les personnes veuves, diabétiques et âgées de 40 ans et plus. L'intérêt de cette étude est qu'elle porte à la fois sur les diabétiques et les non diabétiques en tenant compte des facteurs sociodémographiques, anthropométriques et les habitudes de vie. En outre, elle combine la statistique descriptive, la modélisation, le calcul des probabilités prédites, la construction de la courbe ROC avec intervalles de confiance bootstrap et l'analyse de la tendance.

Mots-clés : *mauvais contrôle glycémique, modèle logistique, courbe ROC, tendance.*

Abstract

Determinants of poor glycemic control in Burundi

Our study is about the analysis of factors determining poor glycemic control in Burundi. It is based on a sample of 309 patients admitted monthly in 2017 in the Internal Medicine service of Hôpital Militaire de Kamenge. The analysis of factors associated with poor glycemic control was performed using fixed effects binary logistic models. Results show that more than a quarter of patients have poor glycemic control. Factors associated with poor glycemic control are celibacy, age between 40 and 60 years, and being diabetic. The coexistence of factors for the same patient increases the probability of having poor glycemic control. Predicted probabilities of poor glycemic control are observed among widowed, diabetic people and aged 40 and over. The interest of this study is that it covers both diabetics and non-diabetics and takes into account sociodemographic, anthropometric and lifestyle factors. In addition, it combines descriptive statistics, modeling, predicted probabilities calculation, construction of the ROC curve with bootstrap confidence intervals, and trend analysis.

Keywords : *poor glycemic control, logistic model, ROC curve, trend.*

1. Introduction

Le diabète est une maladie chronique due aux troubles métaboliques [1]. Ces troubles sont liées à un défaut de production ou d'utilisation de l'insuline, une hormone produite par le pancréas et permettant la régulation du glucose dans l'organisme. Le seuil de diagnostic du diabète est une glycémie (taux de sucre dans le sang) à jeun supérieure ou égale à 7 mmol/L [2]. Cela correspond à 130 mg/dL dans le sang [3]. La surveillance de la glycémie ou contrôle glycémique contribue à l'évitement du diabète. Le mauvais contrôle glycémique est défini par une glycémie supérieure ou égale à 130 mg/dL et le bon contrôle glycémique par une glycémie inférieure à 130 mg/dL [3]. Un individu ayant par exemple une glycémie inférieure à 7 mmol/L est soit non diabétique, soit diabétique à hyperglycémie contrôlée. Le diabète constitue l'un des problèmes de santé publique dans le monde [4]. En effet, la Fédération Internationale du Diabète (FID) estime à 425 millions le nombre de personnes âgées de 20 à 79 ans atteintes du diabète dans le monde en 2017, parmi lesquelles 159 millions vivent dans la région du Pacifique occidental et 16 millions en Afrique subsaharienne [5]. Dans cette dernière partie du monde, ce taux représente 3,8 % du nombre de personnes souffrant du diabète dans le monde. La tranche d'âge la plus touchée est celle de 20 à 64 ans (327 millions de personnes) et environ deux-tiers (279/425) des personnes atteintes du diabète vivent en milieu urbain. Au cours de la même année, 4 millions de personnes sont décédées pour des causes liées au diabète dans le monde parmi lesquelles 1,3 millions dans la région du Pacifique occidental et 0,3 million en Afrique subsaharienne [5]. La moitié de ces décès se rapportent aux personnes âgées de moins de 60 ans et 0,2 million de ces décès (73 %) se trouvent dans les pays à revenu faible.

La prévalence du diabète est plus élevée dans les pays riches chez les personnes âgées de 20 à 64 ans et dans les pays à revenu moyen et intermédiaire chez les personnes âgées de 65 à 79 ans. La décompensation du diabète est l'une des grandes causes de mortalité, de l'invalidité et de plusieurs maladies [6]. De plus, le diabète est la 7^{ème} cause de mortalité après les cardiopathies ischémiques, les accidents vasculaires cérébraux, les broncho-pneumopathies chroniques, les infections des voies respiratoires basses, l'Alzheimer et le cancer [7]. Le contrôle glycémique permet de prévenir l'endommagement des organes et l'apparition des complications suite au diabète [8]. Il permet aussi d'éviter les complications vasculaires, neurologiques et autres. Le mauvais contrôle glycémique peut être dû au manque de l'insuline à cause de son coût élevé, à une mauvaise technique d'injection de l'insuline ou à des connaissances insuffisantes pour procéder à cette injection [8, 9]. Une sur six naissances vivantes dans le monde et une sur dix (9,5 %) en Afrique sont affectées par l'hyperglycémie pendant la grossesse [5]. Les dépenses suite aux problèmes liés au diabète s'élèvent à 727 milliards de dollars américains dans le monde et à 3,3 milliards en Afrique subsaharienne [9]. Au Burundi, 1 % des décès toutes causes et tous âges confondus est dû au diabète en 2016. Selon l'âge, 740 personnes dont 290 femmes et 450 hommes âgées de 30 à 69 ans sont décédées suite au diabète et 850 personnes dont 330 femmes et 520 hommes suite à l'hyperglycémie [10]. Quant aux personnes âgées de 70 ans et plus, 540 dont 300 femmes et 240 hommes sont décédées suite au diabète et 700 personnes dont 380 femmes et 320 hommes suite à l'hyperglycémie. À notre connaissance, aucune étude n'a porté sur le mauvais contrôle glycémique au Burundi. L'objectif de cette étude est de déterminer la prévalence globale du mauvais contrôle glycémique, d'analyser la tendance de cette prévalence selon le mois, d'examiner les facteurs prédictifs, et d'en prédire les probabilités. La connaissance de ces facteurs pourrait aider les décideurs de santé publique ayant la lutte contre le diabète dans leurs attributions à réduire le développement des complications à long terme du diabète.

2. Méthodologie

2-1. Source des données et sélection de l'échantillon

Les données utilisées dans cette étude ont été recueillies du 3 juillet au 2 août 2018 dans des dossiers médicaux des patients admis au service de Médecine Interne de l'Hôpital Militaire de Kamenge (HMK) en 2017.

L'étude transversale à visée exploratoire et analytique a concerné une population cible composée de 1567 patients répartis en 12 strates correspondant aux 12 mois de l'année 2017. Le tirage aléatoire de l'échantillon a été fait à un degré avec une allocation proportionnelle au nombre de patients admis au cours d'un mois donné. La probabilité d'inclusion est identique pour les patients admis au cours d'un même mois.

La taille de l'échantillon est calculée comme suit :

$$n = \frac{\chi^2 N p (1-p)}{d^2 (N-1) + \chi^2 p (1-p)} \quad (1)$$

χ^2 étant le quantile de la loi du khi-deux à un degré de liberté (3,841), N la taille de la population, n la taille de l'échantillon, p la prévalence du mauvais contrôle glycémique et d la marge d'erreur acceptable (5 %).

Comme la prévalence du mauvais contrôle n'est pas connue, une valeur de $p = 0,5$ a été utilisée. Cela a conduit à un échantillon de 309 patients.

2-2. Caractéristiques des individus de l'échantillon

Les variables utilisées dans cette étude sont le contrôle glycémique (Bon, Mauvais) considérée comme variable dépendante, le sexe (Féminin, Masculin), l'emploi (Sans emploi, Avec emploi), le milieu de résidence (Rural, Urbain), le niveau d'instruction (Sans niveau, Primaire, Secondaire, Universitaire), l'état-civil (Marié (e), Célibataire, Veuf (ve)), l'âge en années codée (moins de 40 ans, compris entre 40 et 60 ans, au moins égal à 60 ans), l'Indice de Masse Corporelle (IMC) (Maigre, Normal, Surpoids/obèse) et les variables dichotomiques à savoir l'hypertension artérielle, le diabète, le tabac, l'alcool, surpoids ou obèse, la maladie chronique, la malaria, les autres maladies, le fait d'être retraité, le fait d'avoir le VIH/Sida et le fait d'être militaire comme variables explicatives. L'IMC a été calculé comme étant le rapport entre le poids (kg) et le carré de la taille (en mètres).

2-3. Méthodes

L'analyse des données a été faite en plusieurs étapes : calcul des statistiques descriptives sommaires, tests du chi-deux et régression logistique binaire. L'évolution de la prévalence du mauvais contrôle glycémique selon le mois a été évaluée à l'aide du test de tendance de Patrick Royston (test du chi-deux) et de la régression linéaire simple. L'analyse des variables associées au mauvais contrôle glycémique a d'abord été faite à l'aide des modèles logistiques univariés de la forme :

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon \quad (2)$$

X_i étant une variable explicative. Le test de Wald, le test du score et le test du rapport de vraisemblance ou de la déviance sont utilisés pour tester la significativité des variables explicatives [11,12]. Les variables significatives au seuil de 20 % en univarié ont été introduites dans le modèle logistique multivariable. La sélection des variables à inclure dans le modèle logistique saturé a été faite par la méthode manuelle pas-à-pas descendante au seuil de 5 %. Pour sélectionner le meilleur modèle, le Critère d'Information Bayésienne (BIC pour *Bayesian Information Criterion* en anglais) basé sur l'ajustement a été utilisé [12 - 14] :

$$\text{BIC} = -2 \ln(L) + p \ln(n) \quad (3)$$

L étant la vraisemblance (*likelihood*), p le nombre de paramètres et n le nombre d'observations. Le meilleur modèle est celui possédant une petite valeur du BIC.

La qualité du modèle final a été vérifiée à l'aide du test de Hosmer et Lemeshow qui consiste à regrouper les données et à définir une statistique de test comparable à celle de Pearson. La validation du modèle est faite par le test d'adéquation de la déviance. Pour prédire l'occurrence du mauvais contrôle glycémique, l'arbre de décision sur les données a été évalué à l'aide de la validation croisée basée sur un *10-fold*. L'odds ratio (OR) ou le rapport de cotes (RC) est ici le rapport de la cote de faire le mauvais contrôle glycémique ($Y = 1$) chez les personnes ayant une caractéristique donnée ($X = 1$) et de la cote de ne pas faire le mauvais contrôle glycémique chez les personnes n'ayant pas cette caractéristique ($X = 0$) :

$$OR = \frac{\frac{P(Y = 1 | X = 1)}{1 - P(Y = 1 | X = 1)}}{\frac{P(Y = 1 | X = 0)}{1 - P(Y = 1 | X = 0)}} = e^{\beta_1} \quad (4)$$

Si $OR = 1$, le mauvais contrôle glycémique est indépendant de la caractéristique considérée. Si $OR > 1$, le mauvais contrôle glycémique est plus fréquent pour les individus qui ont la caractéristique considérée (facteur de risque). Si $OR < 1$, le mauvais contrôle glycémique est plus fréquent pour les individus qui n'ont pas la caractéristique considérée (facteur protecteur). Pour choisir des modèles, la courbe ROC (*Receiver Operating Characteristic*) basée sur la prévision peut être utilisée [15, 16]. La relation entre la sensibilité (taux de vrais positifs) et la spécificité (taux de faux négatifs) d'un test diagnostique est représentée par la courbe ROC, graphique utilisé pour montrer les performances d'un classifieur et son pouvoir prédictif. Pour caractériser numériquement cette courbe, l'aire sous la courbe (AUC pour *Area Under Curve* en anglais) a été calculée et les intervalles de confiance bootstrap à 95 % ont été construits. Lorsque l'aire sous la courbe vaut 0,5, alors il n'y a pas de discrimination. Si elle est comprise entre 0,7 et 0,8, alors la discrimination est acceptable. Si, par contre, elle est comprise entre 0,8 et 0,9, alors la discrimination est excellente et si elle est supérieure à 0,9, la discrimination est exceptionnelle. Le « cutoff point » ou valeur seuil optimal(e) des variables retenues dans le modèle saturé a été calculé(e) sur base de l'indice de Youden (sensibilité+spécificité-1), une mesure de la précision de la méthode de diagnostic qui prend ses valeurs entre 0 et 1 [16,17]. Pour analyser les données, le logiciel R version 3.4.3 a été utilisé [18].

3. Résultats

3-1. Caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques et habitudes de vie

Le **Tableau 1** montre la répartition de l'échantillon selon les caractéristiques sociodémographiques et la prévalence du mauvais contrôle glycémique.

Tableau 1 : Répartition de l'échantillon selon les facteurs sociodémographiques

| Variabes | Modalités | N* | N+* | N-* | % | IC à 95 % |
|----------------------|---------------|-----|-----|-----|------|--------------|
| Sexe | Féminin | 119 | 35 | 84 | 29,4 | [21,1; 37,7] |
| | Masculin | 190 | 51 | 139 | 26,8 | [20,5; 33,2] |
| Statut de l'emploi | Sans emploi | 93 | 25 | 68 | 26,9 | [17,8; 36,0] |
| | Avec emploi | 216 | 61 | 155 | 28,2 | [22,2; 34,3] |
| Milieu de résidence | Rural | 149 | 34 | 115 | 22,8 | [16,0; 29,6] |
| | Urbain | 160 | 52 | 108 | 32,5 | [25,2; 39,8] |
| Niveau d'instruction | Sans | 48 | 17 | 31 | 35,4 | [21,7; 49,1] |
| | Primaire | 110 | 23 | 87 | 20,9 | [13,2; 28,6] |
| | Secondaire | 111 | 31 | 80 | 27,9 | [19,5; 36,3] |
| | Universitaire | 40 | 15 | 25 | 37,5 | [22,2; 52,7] |
| État-civil | Marié | 230 | 59 | 171 | 25,6 | [20,0; 31,3] |
| | Célibataire | 59 | 18 | 41 | 30,5 | [18,6; 42,4] |
| | Veuf (ve) | 20 | 9 | 11 | 45,0 | [22,5; 67,4] |
| Âge | <40 ans | 137 | 21 | 116 | 15,3 | [9,2; 21,4] |
| | 40-60 ans | 100 | 42 | 58 | 42,0 | [32,2; 51,8] |
| | ≥ 60 ans | 72 | 23 | 49 | 31,9 | [21,0; 42,8] |
| Ensemble | | 309 | 86 | 223 | 27,8 | [22,8; 32,8] |

*N : Effectif, N+ : Nombre de patients ayant un mauvais contrôle glycémique, N- : Nombre de patients ayant un bon contrôle glycémique, % : Prévalence du mauvais contrôle glycémique, IC : Intervalle de confiance à 95 %, * : Effectifs arrondis*

Globalement, la prévalence du mauvais contrôle glycémique est de 27,8 %. Cette prévalence est élevée chez les employés, chez les personnes vivant dans les villes, chez les personnes ayant un niveau universitaire, chez les veuf (ve)s et chez les personnes âgées de 40 à 60 ans. Le **Tableau 2** montre la répartition de l'échantillon et la prévalence du mauvais contrôle glycémique selon les facteurs anthropométriques et habitudes de vie.

Tableau 2 : Répartition de l'échantillon selon les facteurs anthropométriques et habitudes de vie

| Variabes | Modalités | N* | N+* | N-* | % | IC à 95 % |
|-------------------------|----------------|-----|-----|-----|------|--------------|
| Hypertension artérielle | Non | 259 | 66 | 193 | 25,4 | [20,1; 30,8] |
| | Oui | 50 | 20 | 30 | 40,0 | [26,2; 57,8] |
| Diabète | Non | 251 | 39 | 212 | 15,5 | [11,0; 20,0] |
| | Oui | 58 | 47 | 11 | 81,0 | [70,8; 91,2] |
| Tabac | Non | 279 | 79 | 200 | 28,3 | [23,0; 33,6] |
| | Oui | 23 | 7 | 23 | 23,3 | [7,9; 38,8] |
| Alcool | Non | 133 | 38 | 95 | 28,6 | [20,8; 36,3] |
| | Oui | 176 | 48 | 128 | 27,3 | [20,6; 33,9] |
| Surpoids/obèse | Non | 249 | 42 | 181 | 27,3 | [21,7; 32,9] |
| | Oui | 60 | 18 | 68 | 30,0 | [18,3; 41,7] |
| Maladie chronique | Non | 192 | 44 | 148 | 22,9 | [16,9; 28,9] |
| | Oui | 117 | 42 | 75 | 35,9 | [27,1; 44,7] |
| IMC | Maigre | 29 | 8 | 21 | 27,6 | [11,0; 44,2] |
| | Normal | 220 | 60 | 160 | 27,3 | [21,3; 33,2] |
| | Surpoids/obèse | 60 | 18 | 42 | 30,0 | [18,3; 39,1] |
| Ensemble | | 309 | 86 | 223 | 27,8 | [22,8; 41,7] |

N : Effectif, *N+* : Nombre de patients ayant un mauvais contrôle glycémique, *N* : Effectif, *N+* : Nombre de patients ayant un mauvais contrôle glycémique, *N-* : Nombre de patients ayant un bon contrôle glycémique, % : Prévalence du mauvais contrôle glycémique, IC : Intervalle de confiance à 95 %, * : Effectifs arrondis

La prévalence du mauvais contrôle glycémique la plus élevée est observée chez les patients ayant le diabète suivis des hypertendus. Une analyse plus fine montre que 57 % sont des alcooliques et les fumeurs représentent 9,7 %. Les obèses représentent 2,6 %, ceux qui sont maigres 9,4 %, ceux qui sont normaux 71,2 % et 16,8 % sont en surpoids. Parmi les patients hospitalisés, 37,9 % ont la maladie chronique. De janvier à décembre, les prévalences du mauvais contrôle glycémique sont respectivement de 30,8 %; 20,8 %; 24,1 %; 25,0 %; 35,7 %; 40,7 %; 29,2 %; 22,2 %; 27,3 %; 26,9 %; 32,0 % et 18,5 %. Le test de tendance de Patrick Royston ne rejette pas l'hypothèse nulle de tendance linéaire de la prévalence du mauvais contrôle glycémique selon le mois ($\chi^2 = 3,50$; ddl = 1 ; p-value = 0,061). La régression des prévalences du mauvais contrôle glycémique sur le mois donne une pente égale à $-0,003$ avec une erreur standard de $1,45 \times 10^{-3}$. L'hypothèse nulle de nullité de la pente n'est donc pas rejetée (p-value > 0,05). Les **Figures 1 à 4** montrent le croisement entre le contrôle glycémique et les variables hypertension, diabète, âge et alcool.

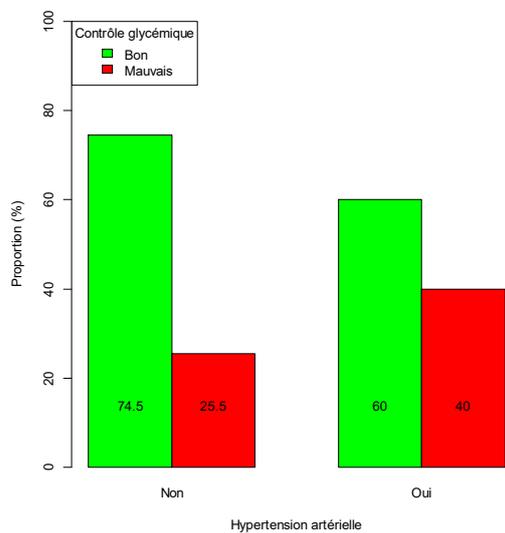


Figure 1 : Contrôle glycémique et hypertension

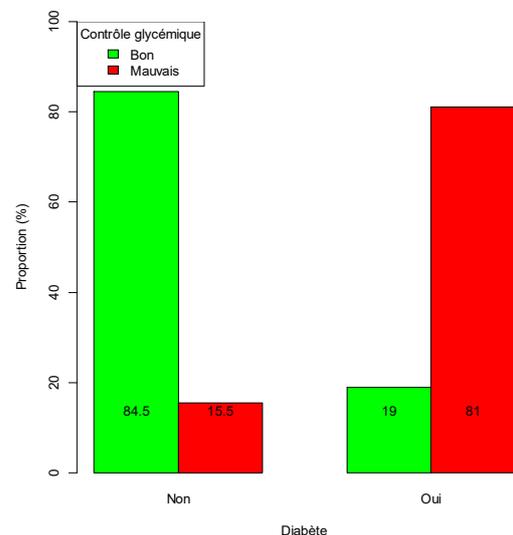


Figure 2 : Contrôle glycémique et diabète

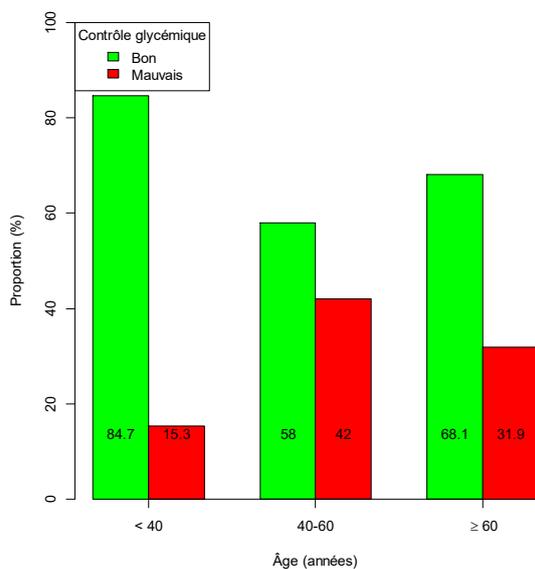


Figure 3 : Contrôle glycémique et âge

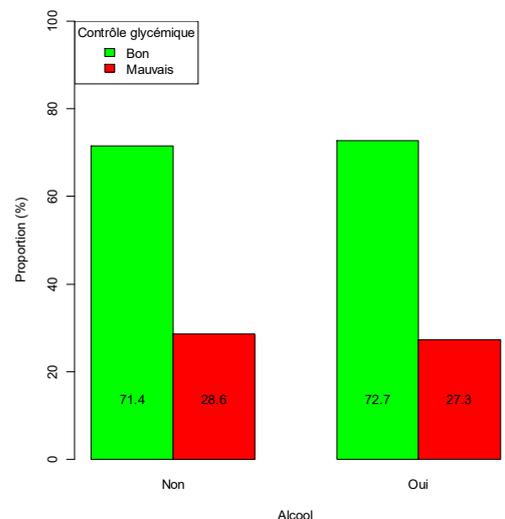


Figure 4 : Contrôle glycémique et alcool

La prévalence du mauvais contrôle glycémique chez les diabétiques est plus du double de celle observée chez les hypertendus et presque le double de celle observée chez les personnes âgées de 40 à 60 ans. Les buveurs et les non buveurs d'alcool ont des prévalences du mauvais contrôle glycémique comparables. Notre étude a montré que la prévalence du mauvais contrôle glycémique est significativement plus élevée chez les diabétiques (81,0 % [70,8 % ; 91,2 %]) que chez les non diabétiques (15,5 % [11,0 ; 20,0]). Par contre, cette prévalence n'est pas significativement plus faible chez les hommes (prévalence = 26,8; IC = [20,5; 33,2]) que chez les femmes (prévalence = 29,4; IC = [21,1; 37,7]).

3-2. Tests du chi-deux

Le test du chi-deux montre que les variables Âge ($\chi^2 = 21,26$; ddl = 2 ; p-value < 0,001), Hypertension artérielle ($\chi^2 = 4,40$; ddl = 1 ; p-value = 0,036), Diabète ($\chi^2 = 100,62$; ddl = 1 ; p-value < 0,001), Maladie chronique ($\chi^2 = 6,10$; ddl = 1 ; p-value = 0,014), Malaria ($\chi^2 = 9,047$; ddl = 1 ; p-value = 0,003), et Autres maladies ($\chi^2 = 10,899$; ddl = 1 ; p-value = 0,001) ne sont pas indépendantes du contrôle glycémique. L'évolution des prévalences mensuelles du mauvais contrôle glycémique est représentée à la **Figure 5**. La ligne en pointillés montre la prévalence globale du mauvais contrôle glycémique, soit 27,8 %.

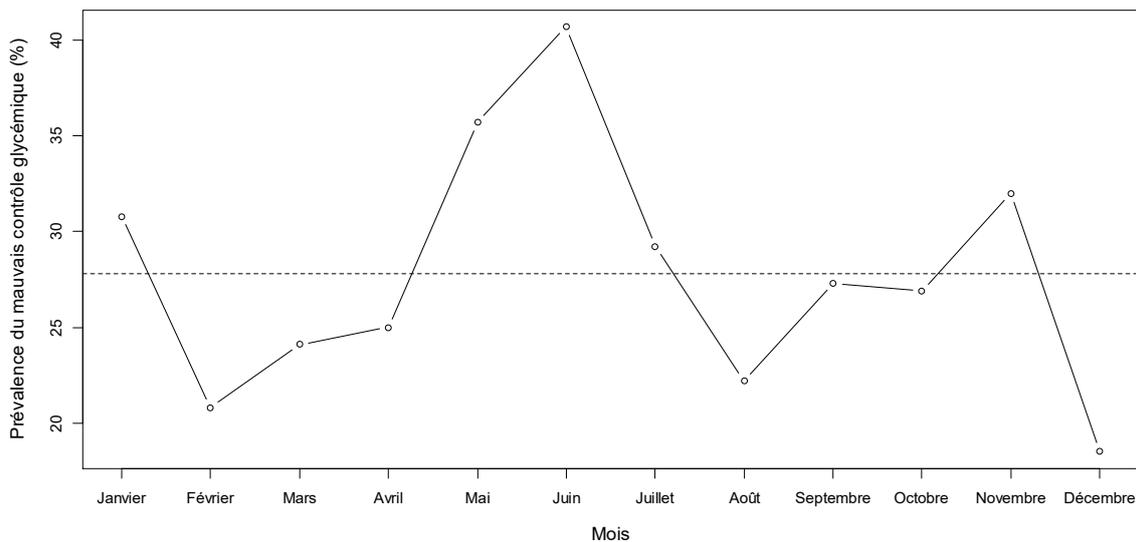


Figure 5 : Comparaison des prévalences du mauvais contrôle glycémique selon le mois

Ces prévalences ne sont pas significativement différentes ($\chi^2 = 5,94$; ddl = 11, p-value = 0,878).

3-3. Modèles logistiques

Le **Tableau 3** montre les résultats des modèles logistiques univariés avec le contrôle glycémique comme variable réponse.

Tableau 3 : Modèles logistiques univariés

| Variabiles | Modalité | OR | IC à 95 % | P-value | BIC |
|-------------------------|----------------|-------|-----------------|---------|--------|
| Sexe | Masculin | 0,88 | [0,53 ; 1,47] | 0,624 | 376,68 |
| Statut d'emploi | Avec emploi | 1,07 | [0,62 ; 1,87] | 0,807 | 376,86 |
| Milieu de résidence | Urbain | 1,63 | [0,99 ; 2,72] | 0,059 | 373,32 |
| Niveau d'instruction | Primaire | 0,48 | [0,23 ; 1,03] | 0,056 | 382,55 |
| | Secondaire | 0,71 | [0,34 ; 1,47] | 0,346 | |
| | Université | 1,09 | [0,45 ; 2,62] | 0,840 | |
| État-civil | Célibataire | 1,27 | [0,67 ; 2,36] | 0,452 | 379,23 |
| | Veuf (ve) | 2,37 | [0,91 ; 6,01] | 0,069 | |
| Âge | 40-60 ans | 4,00 | [2,19 ; 7,48] | < 0,001 | 360,84 |
| | ≥ 60 ans | 2,59 | [1,31 ; 5,15] | 0,006 | |
| Hypertension artérielle | Oui | 1,94 | [1,03 ; 3,65] | 0,038 | 372,77 |
| Diabète | Oui | 23,23 | [11,45 ; 50,85] | < 0,001 | 284,64 |
| Tabac | Oui | 0,77 | [0,29 ; 1,78] | 0,564 | 376,58 |
| Alcool | Oui | 0,94 | [0,57 ; 1,55] | 0,801 | 376,86 |
| Surpoids/obèse | Oui | 0,95 | [0,47 ; 1,81] | 0,873 | 376,90 |
| Maladie chronique | Oui | 1,88 | [1,13 ; 3,13] | 0,014 | 370,92 |
| IMC | Normal | 0,98 | [0,43 ; 2,47] | 0,972 | 382,48 |
| | Surpoids/obèse | 1,12 | [0,43 ; 3,13] | 0,814 | |
| Malaria | Oui | 0,40 | [0,21 ; 0,72] | 0,003 | 367,28 |
| Autres maladies | Oui | 0,42 | [0,25 ; 0,71] | 0,001 | 366,37 |
| Retraite | Oui | 1,07 | [0,45 ; 2,35] | 0,875 | 376,90 |
| VIH | Oui | 0,92 | [0,29 ; 2,46] | 0,879 | 376,90 |
| Militaire | Oui | 0,53 | [0,27 ; 0,98] | 0,052 | 372,86 |

Les variables qui sont significativement associées au mauvais contrôle glycémique en univarié sont au nombre de 10 (**Tableau 3**). Il s'agit du milieu de résidence (p-value = 0,059), du niveau d'instruction (p-value = 0,120), de l'état-civil (p-value = 0,170), de l'âge (p-value < 0,001), de l'hypertension artérielle (p-value = 0,038), du diabète (p-value < 0,001), de la maladie chronique (p-value = 0,014), de la malaria (p-value = 0,003), des autres maladies (p-value = 0,001) et du fait d'être militaire (p-value = 0,052).

Le modèle construit comprend 3 variables explicatives et s'écrit :

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 \times \text{État-civil} + \beta_2 \times \text{Âge} + \beta_3 \times \text{Diabète} + \varepsilon \quad (5)$$

avec $\beta_0 = -2,36$, $\beta_1 = (0,95; 0,84; 1,10)$, $\beta_2 = (1,10; 0,11)$ et $\beta_3 = 3,08$.

La contribution de ces facteurs accroît la probabilité d'avoir un mauvais contrôle glycémique. Le **Tableau 4** montre les odds ratios, leurs intervalles de confiance à 95 % ainsi que les p-values des tests de l'hypothèse nulle que les odds ratios valent 1 et les p-values globales pour chaque variable.

Tableau 4 : Modèle logistique saturé

| Variables | Modalités | AOR | IC à 95 % | P-value |
|------------|-------------|-------|----------------|---------|
| État-civil | Marié (e) | 1,00 | | 0,043 |
| | Célibataire | 2,60 | [1,14; 5,94] | |
| | Veuf (ve) | 2,31 | [0,64; 8,23] | |
| Âge | < 40 ans | 1,00 | | 0,010 |
| | 40-60 ans | 2,99 | [1,38; 6,65] | |
| | ≥ 60 ans | 1,12 | [0,43; 2,80] | |
| Diabète | Non | 1,00 | | < 0,001 |
| | Oui | 21,86 | [10,18; 51,20] | |

AOR : Adjusted Odds Ratio (OR ajusté)

Les facteurs associés au mauvais contrôle glycémique sont donc le célibat (AOR = 2,60; P-value = 0,022), l'âge compris entre 40 et 60 ans (AOR = 2,99; P-value = 0,006) et le fait d'être diabétique (AOR = 21,86; P-value < 0,001). Le test du rapport de vraisemblance, le test de Wald et le test du score rejette l'hypothèse nulle de nullité des paramètres du modèle retenu (p-value < 0,001). En apprentissage supervisé, la probabilité d'erreur est estimée à 0,137. Le test de Hosmer-Lemeshow ne rejette pas l'hypothèse nulle que le modèle est bon ($\chi^2 = 2,60$, ddl = 8, p-value = 0,957), d'où le modèle est bon. Le taux d'erreur en validation croisée vaut 16,7 %.

Les **Figures 6** et **7** montrent la distribution des résidus de déviance studentisés et la distance de Cook respectivement.

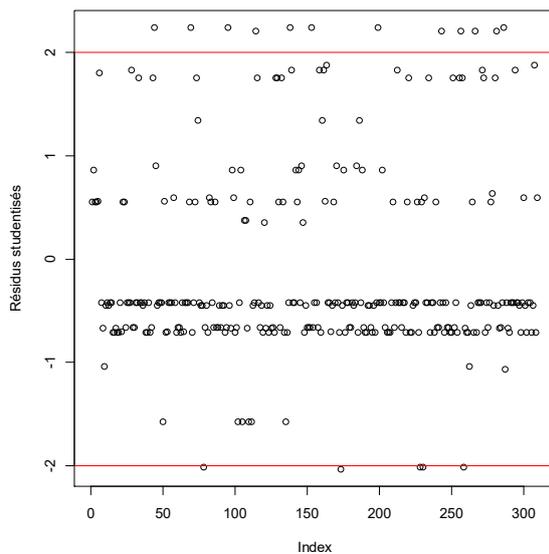


Figure 6 : Résidus de déviance studentisés

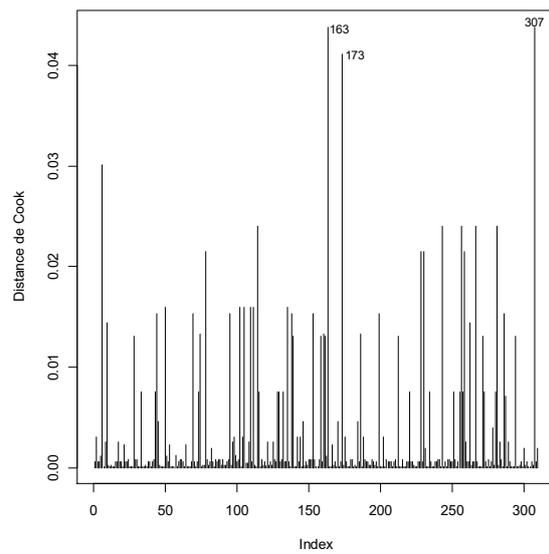


Figure 7 : Distance de Cook

La majorité des résidus de déviance studentisés (292/309) sont concentrés dans l'intervalle [-2;2], ce qui est conforme à la théorie qui stipule qu'au moins 95 % des données doivent être dans cet intervalle (**Figure 6**).

Les observations dont le résidu de déviance studentisé dépasse 2 sont au nombre de 12 (44, 69, 95, 114, 138, 153, 199, 243, 256, 266, 281, 286) et ceux dont le résidu de déviance studentisé est inférieur à -2 sont au nombre de 5 (78, 173, 228, 230, 258). Le nombre de valeurs aberrantes des résidus est donc négligeable. De plus, aucune forme particulière des résidus n'est observée, ce qui suggère leur indépendance. Le test de Durbin-Watson rejette l'hypothèse nulle que les résidus sont corrélés ($D-W = 1,76$, $p\text{-value} = 0,018$). Les résidus sont donc indépendants. L'analyse des points leviers montre que seulement trois points (9, 262 et 278) sont influents. Le calcul de la distance de Cook pour chaque observation montre que trois points (163, 173 et 307) ont une valeur élevée et sont donc aberrants (*Figure 7*).

3-4. Prédictions des probabilités

La *Figure 8* montre la courbe ROC obtenue à partir des résultats du modèle logistique saturé. Ce modèle a un pouvoir prédictif, avec une discrimination acceptable donnée par l'aire sous la courbe (AUC) égale à 0,81 (*Figure 8*). Cela montre que la discrimination entre les patients qui font un bon contrôle glycémique et ceux qui font un mauvais contrôle glycémique est excellente. Comme conséquence, la prédiction est possible. La méthode bootstrap a permis de ré-échantillonner 100 fois l'échantillon pour construire des intervalles de confiance bootstrap. L'indice de Youden est de l'ordre de 0,53.

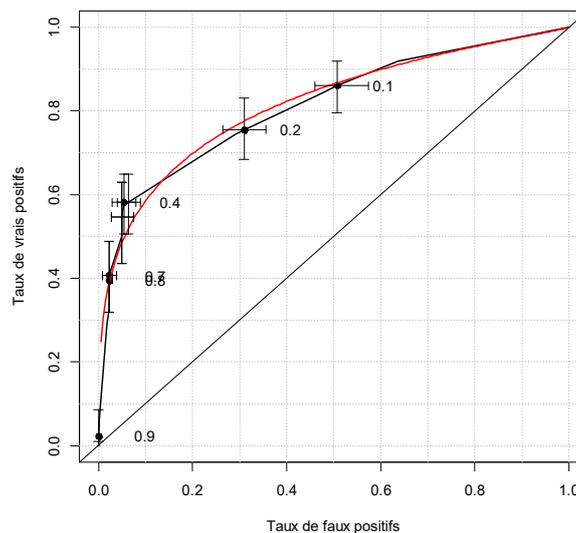


Figure 8 : Courbe ROC et intervalles de confiance bootstrap

Le *Tableau 5* montre les probabilités prédites selon les valeurs des variables indépendantes retenues dans le modèle final.

Tableau 5 : Probabilités prédites

| Individu | N | N+ | % | Âge | État-civil | Diabète | Probabilité |
|----------|----|----|------|-----------|-------------|---------|-------------|
| 1 | 88 | 7 | 7,9 | < 40 ans | Marié (e) | Non | 0,239 |
| 2 | 65 | 14 | 21,5 | 40-60 ans | Marié (e) | Non | 0,512 |
| 3 | 34 | 5 | 14,7 | ≥ 60 ans | Marié (e) | Non | 0,779 |
| 4 | 42 | 7 | 16,7 | <40 ans | Célibataire | Non | 0,655 |
| 5 | 4 | 3 | 75,0 | 40-60 ans | Célibataire | Non | 0,864 |

| | | | | | | | |
|----|----|----|--------|-----------|-------------|-----|-------|
| 6 | 5 | 1 | 20,0 | ≥ 60 ans | Célibataire | Non | 0,955 |
| 7 | 11 | 2 | 18,2 | ≥ 60 ans | Veuf (ve) | Non | 0,992 |
| 8 | 4 | 4 | 100,00 | < 40 ans | Marié (e) | Oui | 0,872 |
| 9 | 25 | 21 | 84,00 | 40-60 ans | Marié (e) | Oui | 0,958 |
| 10 | 14 | 8 | 57,1 | ≥ 60 ans | Marié (e) | Oui | 0,987 |
| 11 | 2 | 2 | 100,00 | < 40 ans | Célibataire | Oui | 0,976 |
| 12 | 2 | 2 | 100,00 | 40-60 ans | Célibataire | Oui | 0,992 |
| 13 | 4 | 3 | 75,00 | ≥ 60 ans | Célibataire | Oui | 0,998 |
| 14 | 1 | 1 | 100,00 | <40 ans | Veuf (ve) | Oui | 0,996 |
| 15 | 2 | 2 | 100,00 | 40-60 ans | Veuf (ve) | Oui | ≈1,00 |
| 16 | 4 | 4 | 100,00 | ≥ 60 ans | Veuf (ve) | Oui | ≈1,00 |

Entre autres résultats, le constat est que le sujet âgé de moins de 40 ans, marié (e) et non-diabétique a une probabilité égale à 0,239 d'avoir un mauvais contrôle glycémique. Cette probabilité passe du simple au double chez le sujet ayant un âge compris entre 40 et 60 ans avec les mêmes caractéristiques. Le sujet de moins de 40 ans, marié (e) et diabétique a une probabilité de 0,872 d'avoir un mauvais contrôle glycémique. Chez les personnes célibataires ou veuves, diabétiques ou non, ayant l'âge supérieur ou égal à 40 ans, la probabilité d'avoir un mauvais contrôle est proche de 1. Toutes choses étant égales par ailleurs, les patients diabétiques ont plus de 85 % de chances d'avoir un mauvais contrôle glycémique.

4. Discussion

Notre étude s'est intéressée à l'analyse des facteurs associés au mauvais contrôle glycémique chez les patients admis à l'Hôpital Militaire de Kamenge (HMK) au Burundi. La prévalence du mauvais contrôle glycémique a été déterminée globalement et selon le mois, les caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques et les habitudes de vie. Le test de tendance de Patrick Royston a montré une tendance linéaire de la prévalence du mauvais contrôle glycémique selon le mois. De plus, la régression des prévalences du mauvais contrôle glycémique sur le mois a montré que la pente de la droite de régression n'est pas significativement différente de zéro, ce qui suggère que la prévalence du mauvais contrôle glycémique est constante selon le mois (régression constante). Les résultats de cette étude montrent que la prévalence du mauvais contrôle glycémique est de 27,8 %. En considérant uniquement les diabétiques, la prévalence du mauvais contrôle glycémique est de 81,0 % [70,8 % ; 91,2 %]. Ce résultat est en accord avec la prévalence du mauvais contrôle glycémique trouvée par deux études récentes effectuées respectivement en Indonésie et en Arabie Saoudite chez les personnes ayant le diabète de type 2 et qui ont montré que cette prévalence est de 83,0 % et 74,9 % respectivement [3,19]. De même, une étude hospitalière réalisée au nord de l'Éthiopie a montré une prévalence du mauvais contrôle glycémique de l'ordre de 70,8 % chez les patients ayant le diabète de type 1 et 2 [20]. Qui plus est, une étude réalisée au Centre Hospitalier de l'Université de Gondar situé au nord-ouest de ce même pays chez les patients ayant le diabète sucré a montré une prévalence du mauvais contrôle glycémique de 60,5 % [21]. De même, une étude réalisée en Égypte chez les patients ayant le diabète de type 2 a montré une prévalence du mauvais contrôle glycémique de l'ordre de 74,3 % [22]. Toutes ces cinq études se sont intéressées aux patients ayant le diabète et ce dernier est un facteur de risque du mauvais contrôle glycémique [23]. Selon les caractéristiques sociodémographiques, notre étude a montré que la prévalence du mauvais contrôle glycémique la plus élevée est observée chez les veufs (45,0 %) et la plus basse chez les patients âgés de moins de 40 ans (15,3 %). Selon les facteurs anthropométriques et les habitudes de vie, la prévalence la plus élevée est observée chez les patients ayant

le diabète (81,0 %) et la plus basse chez les patients n'ayant pas de diabète (15,5 %). Notre étude n'a pas montré de différence significative dans la prévalence du mauvais contrôle glycémique chez les hommes (26,8 %; [20,5; 33,2]) et chez les femmes (29,4 %; [21,1; 37,7]), contrairement à une étude réalisée en Éthiopie qui a montré que la prévalence du mauvais contrôle glycémique est significativement plus élevée chez les femmes que chez les hommes [24]. Après ajustement sur les autres covariables, l'effet de l'hypertension artérielle et de l'état de santé des malades sur le mauvais contrôle glycémique n'est pas trouvé dans notre étude. Cette dernière a montré que les facteurs associés au mauvais contrôle glycémique sont le célibat, l'âge compris entre 40 et 60 ans et le fait d'être diabétique, contrairement à une étude réalisée en Iran qui a montré un effet de l'hypertension artérielle et d'autres facteurs comme l'âge inférieur à 50 ans, le niveau de revenu, la durée de la maladie, l'hypercholestérolémie et le taux élevé de lipoprotéine de faible densité sur le mauvais contrôle glycémique [25]. Une étude réalisée en Indonésie a montré que les facteurs liés au mauvais contrôle glycémique sont de divers types : anthropométriques, sociodémographiques et l'état de santé de l'individu [19]. Plusieurs études récentes ont montré d'autres facteurs associés au mauvais contrôle glycémique tels que le niveau bas d'instruction, la durée au diagnostic du diabète, l'hypertriglycéridémie et le traitement avec l'insuline ou la prise des médicaments anti-diabète [26]. Notre étude n'a pas montré d'effet du milieu de résidence et du sexe sur le mauvais contrôle glycémique, ce qui est en accord avec les résultats trouvés dans des études réalisées ailleurs [26, 27]. Notre étude a montré que les probabilités prédites inférieures à 70,0 % d'avoir le mauvais contrôle glycémique ont été observées chez les patients non diabétiques, mariés ou célibataires et âgés de moins de 60 ans. Cela est dû au fait que les patients âgés de moins de 60 ans sont encore en âge d'exercer les activités physiques un peu régulières, ce qui fait que la régulation glycémique dans leur organisme soit bonne. Quant aux célibataires et aux mariés, les premiers sont jeunes et les seconds sont stables au point de vue de la diététique.

Les mêmes probabilités inférieures à 70,0 % ont été trouvées dans une étude réalisée en Californie chez les patients ayant consulté le médecin pendant au moins 6 heures dans les centres hospitalo-universitaires et chez les individus ayant consulté le médecin pendant au moins 10 heures dans les centres non hospitalo-universitaires [28]. Ces faibles probabilités sont beaucoup liées à la qualité des soins reçus par les patients dans les deux catégories d'hospitalisation. Notre étude a la particularité de porter sur les diabétiques et les non-diabétiques à la fois, de combiner la statistique descriptive et la statistique inférentielle (test du rapport de vraisemblance, tests du khi-deux, régression logistique binaire, test de Hosmer et Lemeshow, test de Wald), de construire la courbe ROC, d'estimer l'aire sous la courbe, d'analyser les résidus et de prédire les probabilités d'avoir le mauvais contrôle glycémique. Comme limite, notre étude s'est intéressée uniquement aux patients de l'Hôpital Militaire de Kamenge, ce qui fait que les résultats ne peuvent pas être généralisés à l'échelle nationale. Comme point fort, un tirage aléatoire des patients a été fait et le modèle logistique binaire a été utilisé. Une étude supplémentaire pourrait se concentrer à d'autres hôpitaux tant de la Mairie de Bujumbura que de l'intérieur du pays et tenir compte d'autres caractéristiques telles que l'activité physique, le régime alimentaire, le type d'alcool consommé, la quantité d'alcool, le nombre de paquets-années de cigarettes fumées, l'hémoglobine glyquée et le niveau du revenu. L'intérêt de notre étude est que la connaissance des facteurs influençant le mauvais contrôle glycémique permettra d'estimer les probabilités d'avoir le mauvais contrôle glycémique en contrôlant sur les autres facteurs.

5. Conclusion

Cette étude a montré que 27,8 % des patients ont un mauvais contrôle glycémique. Les facteurs associés à ce mauvais contrôle glycémique sont le célibat, l'âge compris entre 40 et 60 ans et le fait d'être diabétique. Par ailleurs, la prévalence du mauvais contrôle glycémique n'est pas significativement différente selon le mois.

De plus, la probabilité prédite du mauvais contrôle glycémique la plus basse a été retrouvée chez les personnes âgées de moins de 40 ans, mariées et non diabétiques. Des probabilités prédites du mauvais contrôle glycémique dépassant 0,996 ont, quant à elles, été observées chez les personnes veuves, diabétiques et âgées de 40 ans et plus. Notre étude pourrait servir de base aux chercheurs qui s'intéressent à l'analyse spatiale et temporelle des facteurs associés au mauvais contrôle glycémique des patients et de référence aux décideurs de santé publique lors des interventions de lutte contre le diabète et ses complications. Des modèles logistiques mixtes avec une approche d'estimation bayésienne basée sur les simulations de Monte Carlo pourraient permettre d'obtenir des intervalles de crédibilité plus précis que les intervalles de confiance utilisés en statistique fréquentiste.

Références

- [1] - J-X. KONG, L. ZHU, H-M. WANG et al., "Effectiveness of the Chronic Care Model in Type 2 Diabetes Management in a Community Health Service Center in China : A Group Randomized Experimental Study", *J Diabetes Res.*; 2019 (2019) 1 - 12
- [2] - R. GOLDENBERG et Z. PUNTHAKEE, « Définition, classification et diagnostic du diabète, du prédiabète et du syndrome métabolique », *Can J Diabetes*; 37 (2013) S369 - 72
- [3] - R. A. ALZAHEB and A. H. ALTEMANI, "The prevalence and determinants of poor glycemic control among adults with type 2 diabetes mellitus in Saudi Arabia", *Diabetes Metab Syndr Obes Targets Ther.*; 11 (2018) 15-21
- [4] - J. A. AL-LAWATI, "Diabetes Mellitus: A Local and Global Public Health Emergency!", *Oman Med J.*; 32(3) (2017) 177 - 9
- [5] - Fédération internationale du diabète, « Atlas du diabète de la FID - 8ème Édition », Bruxelles (2017), https://www.federationdesdiabetiques.org/sites/default/files/field/documents/idf_atlas_8e_fr.pdf, (Janvier 2019)
- [6] - R. DESAI, S. SINGH, M. H. Syed, et al., "Temporal Trends in the Prevalence of Diabetes Decompensation (Diabetic Ketoacidosis and Hyperosmolar Hyperglycemic State) Among Adult Patients Hospitalized with Diabetes Mellitus: A Nationwide Analysis Stratified by Age, Gender, and Race", *Cureus*; 11(4) (2019) e4353, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6550510/>, (Juillet 2019)
- [7] - OMS, « Les 10 principales causes de mortalité », Genève (2018), <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>, (Janvier 2019)
- [8] - A. A. KAKADE, I. R. MOHANTY and R. SANDEEP, "Assessment of factors associated with poor glycemic control among patients with Type II Diabetes mellitus", *Integr Obes Diabetes*; 4(3) (2018), <https://www.oatext.com/assessment-of-factors-associated-with-poor-glycemic-control-among-patients-with-type-ii-diabetes-mellitus.php>, (Février 2019)
- [9] - Fédération internationale du diabète, « Journée mondiale du diabète », (2018), https://www.idf.org/index.php?option=com_attachments&task=download&id=1871:WDD18-Toolkit-final-FR-phase-1, (Février 2019)
- [10] - OMS, « Profils des pays pour le diabète », (2016), https://www.who.int/diabetes/country-profiles/bdi_fr.pdf, (Février 2019)
- [11] - T. S. KAMBLE, D. N. KASHID and D. M. SAKATE, "Consistent and robust variable selection in regression based on Wald test", *Commun Stat - Theory Methods.*; 48(8) (2018), <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03610926.2018.1440598>, (Février 2019)
- [12] - P. K. JOSEPHAT and A. AME, "Effect of Testing Logistic Regression Assumptions on the Improvement of the Propensity Scores", *Int J Stat Appl.*; 8(1) (2018) 9 - 17
- [13] - G. HEINZE, C. WALLISCH and D. DUNKLER, "Variable selection — A review and recommendations for the practicing statistician", *Biom J Biom Z.*; 60(3) (2018) 431 - 49

- [14] - A. P. VERBYLA, "A note on model selection using information criteria for general linear models estimated using REML", *Aust N Z J Stat.*; 61(1) (2019) 39 - 50
- [15] - W-I. LIAO, J-C. WANG, C-S. LIN et al., "Elevated Glycemic Gap Predicts Acute Respiratory Failure and In-hospital Mortality in Acute Heart Failure Patients with Diabetes", *Sci Rep.*; 9 (2019) 6279, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6472356/>, (Juillet 2019)
- [16] - H-T. ZHU, M. YU, H. HU et al., "Factors associated with glycemic control in community-dwelling elderly individuals with type 2 diabetes mellitus in Zhejiang, China: a cross-sectional study", *BMC Endocr Disord.*; 19(1) (2019) 57, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6555723/>, (Juillet 2019)
- [17] - K. A. NGUYEN, N. PEER, A. DE VILLIERS et al., "Glycated haemoglobin threshold for dysglycaemia screening, and application to metabolic syndrome diagnosis in HIV-infected Africans", *PLOS ONE*; 14(1) 2019 e0211483
- [18] - R DEVELOPMENT CORE TEAM, "R: A language and environment for statistical computing", R Foundation for Statistical Computing, (2016), Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <https://cran.rproject.org/>, (Juillet 2018) R DEVELOPMENT CORE TEAM, "R: A language and environment for statistical computing", R Foundation for Statistical Computing, (2016), Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <https://cran.rproject.org/>, (Juillet 2018)
- [19] - R. A. PAMUNGKAS, S. HADIJAH and A. MAYASARI, "Factors associated with poor glycemic control among type 2 diabetes mellitus in Indonesia", *BNJ*; 3(3) (2017) 9
- [20] - T. FISEHA, E. ALEMAYEHU, W. KASSAHUN W et al., "Factors associated with glycemic control among diabetic adult out-patients in Northeast Ethiopia", *BMC Res Notes*; 11(1) (2018) 316, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5960206/>, (Février 2019)
- [21] - A. FASIL, B. BIADGO and M. ABEBE, "Glycemic control and diabetes complications among diabetes mellitus patients attending at University of Gondar Hospital, Northwest Ethiopia", *Diabetes Metab Syndr Obes Targets Ther.*; 12 (2018) 75 - 83
- [22] - M. F. S. ISMAIL, M. M. FARES and A. G. ABD-ALRHMAN, "Prevalence of depression and Predictors of glycemic control among Type 2 Diabetes Mellitus patients at family medicine clinic, Suez Canal University Hospital Egypt", *World Fam Med.*; 17(2) (2019) 4 - 13
- [23] - A. ISMAIL, L. S. SUDDIN, S. SULONG et al., "Profiles and Factors Associated with Poor Glycemic Control Among In patients with Diabetes Mellitus Type 2 as a Primary Diagnosis in a Teaching Hospital", *Indian J Community Med.*; 41(3) (2016) 208 - 12
- [24] - G. T. DEMOZ, A. GEBREMARIAM, H. YIFTER, et al., "Predictors of poor glycemic control among patients with type 2 diabetes on follow-up care at a tertiary healthcare setting in Ethiopia", *BMC Res Notes*; 12 (2019) 207, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6449968/>, (Juillet 2019)
- [25] - S. M. SHAMSHIRGARAN, A. MAMAGHANIAN, A. ALIAGARZADEH, et al., "Age differences in diabetes-related complications and glycemic control", *BMC Endocr Disord.*; 17(1) (2017) 25
- [26] - D. G. DA SILVA, L. A. SIMEONI and A. A. AMATO, "Factors Associated with Poor Glycemic Control among Patients with Type 2 Diabetes in the Southeast Region of Brazil", *Int J Diabetes Res.*; 7(2) (2018) 36 - 40
- [27] - M. ATIF, Q. SALEEM, S. ASGHAR, et al., "Extent and Predictors of Poor Glycaemic Control among Elderly Pakistani Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Multi-Centre Cross-Sectional Study", *Medicina (Mex)*; 55(1) (2019) 21
- [28] - M. D. MCHUGH, J. SHANG, D. M. SLOANE, et al., "Risk factors for hospital-acquired 'poor glycemic control': a case - control study", *Int J Qual Health Care*; 23(1) (2011) 44 - 51