

## Analyse phytochimique et activité antioxydante de quelques miels de Bukavu et de ses environs

### [ Phytochemical analysis and antioxidant activity of some honeys from Bukavu and its surroundings ]

*Muka Fataki Pierre<sup>1</sup>, Aganze Bigabwa Bigman<sup>2</sup>, and Bakenga Matabaro Dieudonné<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Unité de Recherche en Biochimie, Biologie Moléculaire et Cellulaire, Département de Biologie, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, ISP, Bukavu, RD Congo

<sup>2</sup>Unité de Recherche en Biochimie, Biologie Moléculaire et Cellulaire, Département de Chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, ISP, Bukavu, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Honey is a very complex biological compound of great diversity, giving it a multitude of properties, both nutritionally and therapeutically. The objective of this study was to determine the phytochemical composition and the biochemical properties of some honeys produced in Bukavu and its surroundings. To do this, 12 different honey samples have been collected from a few territories of the province of South Kivu. The quantitative determination of polyphenols by Folin Ciocalteu method revealed concentrations that ranged from  $43.62 \pm 0.47$  to  $123.59 \pm 1.16$  mg EAG / 100g and that of flavonoids by the aluminum trichloride method revealed concentrations ranging from  $2.38 \pm 0.27$  to  $24.52 \pm 0.60$  mg EQ / 100g. The values, of the antioxidant activity by the ferric ion reducing power method varied between  $20.89 \pm 0.88$  and  $61.38 \pm 2.91$  mg EAG / 100g, evidence of an interesting antioxidant activity. The color of the samples was ranged from Transparent White to Amber.

**KEYWORDS:** Honey, Antioxidant activity, Polyphenols, Flavonoids, Color.

**RESUME:** Le miel est un composé biologique très complexe, d'une très grande diversité, lui conférant une multitude de propriétés, aussi bien sur le plan nutritionnel que sur le plan thérapeutique. Cette étude avait pour objectif de déterminer la composition phytochimique et les propriétés biochimiques de quelques miels produit au Sud-Kivu. Pour se faire, 12 échantillons différents de miel ont été récoltés. La détermination quantitative des polyphénols par la méthode de Folin Ciocalteu a révélé des concentrations qui ont varié de  $43,62 \pm 0,47$  à  $123,59 \pm 1,16$  mg EAG/100g et celle des flavonoïdes par la méthode du trichlorure d'aluminium a révélé des concentrations allant de  $2,38 \pm 0,27$  à  $24,52 \pm 0,60$  mg EQ/100g. Les valeurs, de l'activité antioxydante par la méthode du pouvoir réducteur de l'ion ferrique a varié entre  $20,89 \pm 0,88$  et  $61,38 \pm 2,91$  mg EAG/100g preuve d'une activité antioxydante intéressante. La couleur des échantillons a varié du Blanc transparent jusqu'à l'Ambre.

**MOTS-CLEFS:** Miel, Activité antioxydante, Polyphénols, Flavonoïdes, Couleur.

## 1 INTRODUCTION

Durant certains processus biologiques cellulaires, les êtres vivants forment des espèces réactives de l'oxygène (ROS) qui peuvent endommager les structures cellulaires telles que les membranes, les acides nucléiques, les enzymes respiratoires, et bien d'autres substances; et ainsi conduire à l'émergence des maladies dégénératives et des tumeurs malignes [6].

Pour s'en débarrasser, l'organisme a mis en place un système de protection antioxydant. Cependant, il existe souvent un dérèglement, une dérégulation entre pro-oxydants et les antioxydants de l'organisme, ce qui provoque un stress antioxydant qui est un

équilibre inadéquat entre pro-oxydants et l'activité antioxydante protectrice. Ainsi, le corps a besoin d'un apport régulier extérieur d'antioxydant dont le miel qui fait partie des sources importantes [6], [14].

Le miel est une substance naturelle sucrée produite par les abeilles à partir de la transformation du nectar et/ou du miellat grâce à leurs enzymes et à la conservation dans la ruche [22]. Il a été utilisé depuis les temps anciens et jusqu'aujourd'hui, il garde encore une place de choix comme nutriment. Il est connu pour être une source importante d'antioxydant, ce qui lui confère des activités thérapeutiques [7].

La littérature renseigne que le miel est doué des capacités antioxydantes dont la majorité des substances responsables sont des flavonoïdes, des acides phénoliques, des vitamines, des sels minéraux tels que le Fe et le Cu, et certaines enzymes [10].

L'origine du miel joue un rôle très important dans sa composition et sa capacité antioxydante [9], des facteurs tels que la position géographique, les conditions climatiques, la saison et les sources florales conditionnent sa composition chimique [28], la teneur en Polyphénols dans le miel dépend de son origine. Le goût, la couleur et l'odeur spécifique d'un miel dépend de la plante visitée par l'abeille [14]. Ainsi on peut remarquer une variation de couleur entre les miels d'une région à une autre, d'une plante à une autre, d'un climat à l'autre, d'une saison à l'autre.

La présente recherche a focalisé son attention sur l'étude de la capacité antioxydante du miel de différentes origines ainsi que la caractérisation de leurs composition phytochimiques et la corrélation existante entre la couleur et ces différents paramètres ainsi qu'entre ces différents composés et le pouvoir réducteur du miel.

## 2 METHODOLOGIE

### 2.1 ECHANTILLONAGE

Notre milieu d'étude se trouve à l'Est de la République démocratique du Congo (RDC) dans la province du Sud-Kivu. Situé à 1614 m d'altitude, il jouit d'un climat des montagnes et d'une très grande diversité botanique. Les échantillons de miel ont été récoltés de 2017 à 2019 dans trois territoires du Sud Kivu: Kabare (MK), Walungu (MW), Uvira (MU) et dans la ville de Bukavu (MB) (tableau1), d'autres ont été fournis par l'association d'apiculteurs du Kivu "APIKIVU" en sigle. Les échantillons sont conservés à 4°C. Ils sont présentés dans le Tableau 1 par ordre décroissante d'année de récolte.

Tableau 1. Présentation des échantillons analysés

N°	Code	Origine Florale	Localité	Territoire	Année de Récolte	Couleur
1	MW1	Multifloral	BUTUZA	WALUNGU	2018	Blanc transparent
2	MW2	Multifloral	CHIBANDA	WALUNGU	2018	Extra blanc
3	MB1	Multifloral	ISP	BUKAVU	2018	Extra blanc
4	MK1	Multifloral	KAVUMU	KABARE	2017	Ambre
5	MK2	Multifloral	LUHIHI	KABARE	2017	Blanc
6	MK3	Multifloral	MBIZA	KABARE	2017	Ambre extra clair
7	MU1	Multifloral	MISINGWE	UVIRA	2017	Blanc
8	MK4	Multifloral	MUDAKA	KABARE	2017	Blanc transparent
9	MU2	Multifloral	MUGAJA	UVIRA	2017	Blanc transparent
10	MU3	Multifloral	MULENGE	UVIRA	2017	Blanc transparent
11	MU4	Multifloral	NDEGU	UVIRA	2017	Ambre extra clair
12	MK5	Multifloral	NINDJA	KABARE	2017	Ambre extra clair

### 2.2 EXTRACTION DES ÉCHANTILLONS

L'extraction des échantillons est faite en suivant le protocole décrit par [17], suivi de quelques adaptations. Trois solvants sont utilisés pour l'extraction des composés phénoliques de miels dans nos échantillons. Il s'agit notamment de l'eau, de l'éthanol (50% et 85%) et du méthanol (50%). 1g de miel est pesé sur une balance de précision analytique (KERN TCB 200-1) et dissout dans 10ml de solution, ensuite le mélange est agité au vortex (Supe-Mixer). Les solutions extraites sont protégées de la lumière par du papier Aluminium et gardées au réfrigérateur à 4°C. L'extraction des composés phénoliques est influencée par leur nature chimique, la méthode d'extraction et la taille des particules de l'échantillon. La solubilité des composés phénoliques dépend de la polarité du solvant et du degré de leur polymérisation [18], [17].

### 2.3 COULEUR

La couleur des échantillons était déterminée en le diluant dans de l'eau tiède à 50°C (1: 1; P/V) et l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre (Thermo Fisher Scientific model 4001/3) à 635nm. Les résultats sont exprimés en millimètre sur l'échelle de pfund.  $Pfund = 38,70 + 371,39 * Abs$ , ([10]).

### 2.4 TENEUR EN POLYPHENOL

La détermination du contenu en polyphénol est déterminée en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu décrite par [6] Un volume de 100µl d'extrait (1mg/ml) ou du standard (0, 20, 40, 60, 80 et 100mg/L) sont mélangés avec 500µl du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué dix fois avec l'eau distillée) et 400µl de carbonate de sodium à 7%. Après 40 minutes d'incubation, la lecture de l'absorbance est faite à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (Thermo Fisher Scientific model 4001/3). Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par gramme de miel (mg EAG/g), en utilisant l'équation de la droite de régression de la courbe des standards, présenté dans la Figure 1.

### 2.5 TENEUR EN FLAVONOÏDE

La détermination du contenu en flavonoïde est faite en utilisant la méthode colorimétrique de Chlorure d'Aluminium. 1mL d'extrait (1mg/ml) ou de la solution standard de quercétine (0, 20, 40, 60, 80 et 100mg/L) est mélangé à 1mL  $AlCl_3$  (2%) dans le méthanol (50%). Le mélange est ensuite agité et incubé pendant 40 minutes à la température ambiante et la lecture de l'absorbance est faite à 425nm au spectrophotomètre. Les concentrations en flavonoïdes sont déduites à partir de la courbe d'étalonnage (Figure 1) établie avec la quercétine et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent de quercétine par Kg de miel (mg EQ/kg) tel que décrit par [6].

### 2.6 POUVOIR RÉDUCTEUR

Selon [9], un volume de 0,5 ml de la solution de miel est additionné de 0,5 ml du tampon phosphate (pH 6,6; 0,2 M) et 0,5 ml d'hexacyanoferrate de potassium  $K_3Fe(CN)_6$  (1 %). Le mélange est incubé pendant 20 min au bain marie à 50 °C. Après 0,5 ml de la solution d'acide trichloracétique (10%) sont rajoutés à ce mélange. Ensuite, dans un tube à essai, 0,5 ml du mélange réactionnel sont prélevés et sont additionnés à 0,8 ml d'eau distillée et 0,1 ml de chlorure ferrique (0,1 %). L'absorbance est lue à 700 nm après 10 min au spectrophotomètre en utilisant comme blanc respectivement pour chaque série d'extraction la solution d'extraction. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'antioxydant (acide gallique) par 100g de matière sèche (EAG /100 g), à partir de la courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique.

### 2.7 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique de nos résultats a été réalisée à l'aide du logiciel Excel 2016, pour déterminer les moyennes et les écarts types et STATISTICA 8.0 pour l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur au seuil  $p < 0,05$ . Nous avons testé également les corrélations entre les paramètres étudiés en se référant à la matrice de corrélation.

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 COULEUR

Les valeurs ont varié entre -3,17mmPfund (MU2) et 90,05mmPfund (MK1) (Tableau 2). [19], [8], [15], Il a été démontré que plus le miel est foncé plus sa teneur en composés phénoliques est élevée avec une activité antioxydante importante. Il existe une corrélation très significative ( $P < 0,01$ ) entre la couleur et les flavonoïdes ( $r = 0,81$  avec les flavonoïdes dans l'EtOH 50%) et significative ( $P < 0,05$ ) ( $r = 0,71$  avec les flavonoïdes dans l'EtOH 85% et  $r = 0,70$  avec les flavonoïdes dans l'MetOH 50%). Cela s'explique par le fait que les flavonoïdes sont des composés naturels dont l'un des rôles est la coloration de la plante au même titre que les caroténoïdes [10]. Les valeurs des résultats s'écartent de celles trouvées par [16], sur les miels d'Acacia Malaisien qui ont variées entre 82mm et 150mm et celles des miels Algérien qui ont variées entre 31 mm et 198 mm [20]. Ces résultats sont conformes à ceux obtenue par [8], sur les miels Argentin qui ont varié entre 40,7 mm et 140 mm. La couleur d'un miel est due à des pigments tel que les Caroténoïdes et les Flavonoïdes qui dépendent de l'origine botanique et géographique de ce dernier. Cependant, elle peut être due aussi au contact avec des métaux lourds, à l'exposition soit à des températures élevées ou à la lumière ou avec l'âge [27], [16], [15].

### 3.2 CONTENUS EN POLYPHÉNOLS TOTAUX

Les valeurs de concentration pour les polyphénols ont varié entre  $43,62 \pm 0,47$  à  $123,59 \pm 1,16$  mg EAG/100g (toutes les extractions confondues). La concentration la plus élevée pour les polyphénols étant celle de l'échantillon MB1 dans le méthanol à 50% et la plus

basse étant pour l'échantillon MK3 dans le méthanol à 50% (Figure 1). Ces résultats sont inférieurs à ceux enregistré par [2], de 75,13 à 246,21 mg EAG/100g et supérieurs à ceux de [5], de 12,5 à 17,5 mg EAG/100g et de [19] 10,65 à 15,05 mg EAG/100g. Nos résultats sont semblables aux résultats de [3] 16,5 à 133,3 mg EAG/100g pour les miels d'Italie, de [25], 24,91 à 101,68 mg EAG/100g pour les miels d'Algérie et [23] 31,5 à 126,6 mg EAG/100g pour les miels du Brésil. Les variations de concentration s'expliquent par le fait que les miels récoltés dans des régions différentes et à des saisons différentes possèdent des teneurs variées en Polyphénols [9].

### 3.3 FLAVONOÏDES

Dans le miel, la plupart des composés phénoliques sont sous forme de flavonoïdes dont la concentration dépend de différents facteurs tels que la source floral, l'environnement, la saison, l'âge de la plante [13]. Les concentrations en flavonoïdes de nos échantillons ont varié de  $2,38 \pm 0,27$  à  $24,52 \pm 0,60$  mg EQ/100g dans toutes les extractions (solvants confondus). La concentration la plus élevée étant celle de l'échantillon MB1 dans le méthanol à 50% et la plus basse étant pour l'échantillon MU4 dans l'éthanol à 85% (Figure 2). Ces valeurs sont supérieures à ceux de [23] 1,9 à 4,2 mg EQ/100g et [12] 3,30 à 3,63 mg EQ/100g pour les miels du Brezil et sont inférieure à ceux de [11] 12,7 à 109,4 mg EQ/100g pour les miels des régions Arides. Cependant, ces résultats sont semblables à ceux obtenu par [22], pour les miels d'Acacia, 8,29 à 29,65 mg EQ/100g. Les plantes ont une grande variation de concentration des composés phytochimiques dans leurs différentes parties à cause du milieu sur lequel elles ont poussé mais aussi à cause des menaces que la plante a subies car une grande majorité des métabolites sont produits en réponse à un stress. C'est ainsi que la teneur en ces composés dans les différentes parties de la plante et plus particulièrement pour nous dans le nectar des fleurs dépend aussi en parti de la nature et de l'intensité de stress qu'à subies la plante [24].

Les figures ci-dessous présentent les courbes d'étalonnage pour l'acide gallique et la Quercetine pour les différentes analyses:

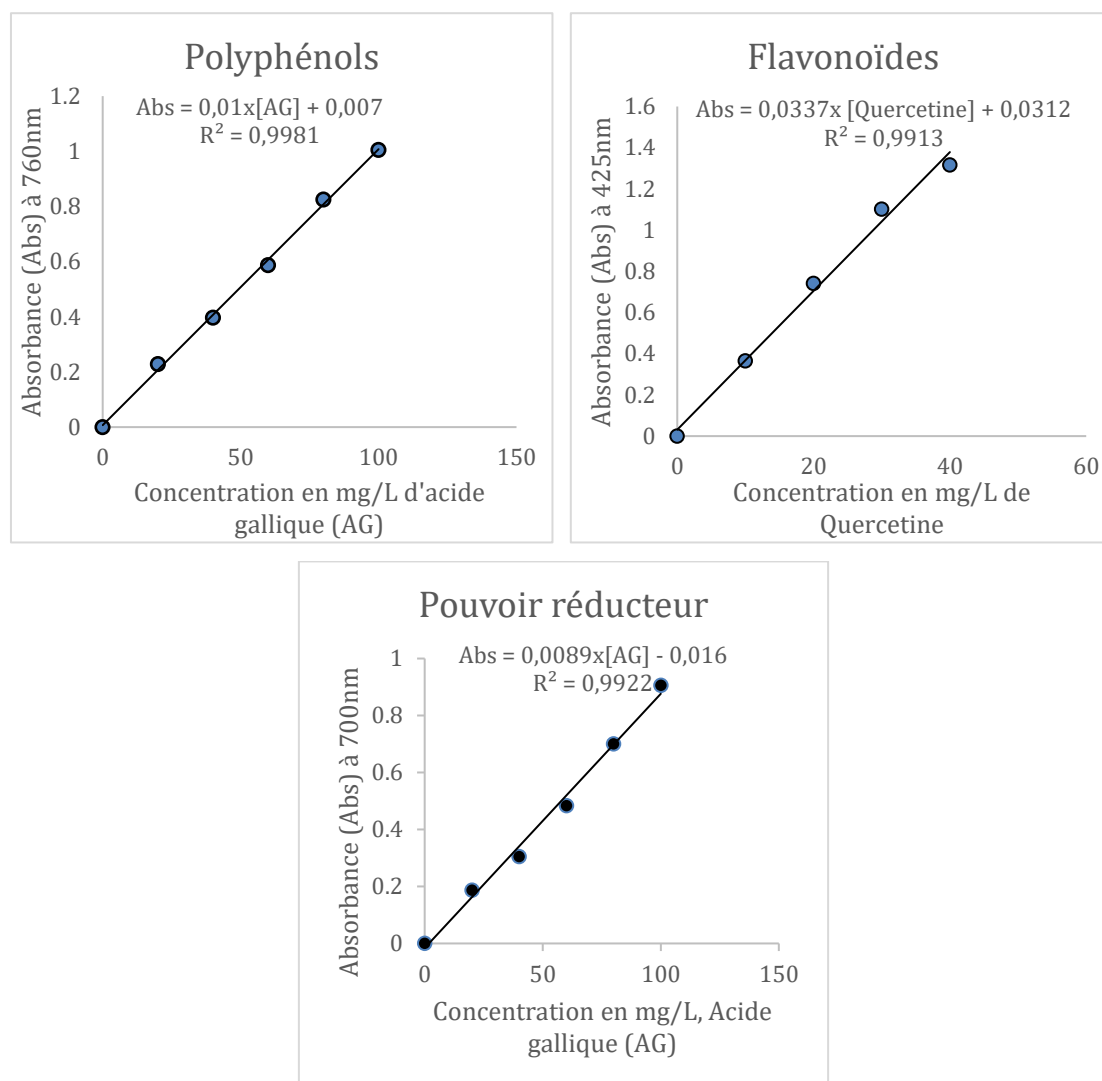


Fig. 1. Courbes d'étalonnage des différents standards pour les différentes analyses

Tableau 2. Teneur en antioxydant (polyphénols et flavonoïdes) des miels analysés, en fonction du solvant

MIELS	Polyphénols totaux (mg EAG/100g de miel)				Flavonoïdes (mg EQ/100g de miel)			
	MetOH 50%	EtOH 85%	EtOH 50%	EAU	MetOH 50%	EtOH 85%	EtOH 50%	EAU
MW1	76,81±2,23 <sup>d</sup>	68,77±0,42 <sup>d</sup>	70,90±3,49 <sup>b</sup>	64,79±0,61 <sup>bc</sup>	8,23±0,26 <sup>b</sup>	5,99±0,44 <sup>a</sup>	8,57±0,28 <sup>d</sup>	12,53±1,02 <sup>e</sup>
MW2	83,11±1,48 <sup>e</sup>	65,96±2,19 <sup>ade</sup>	61,87±1,43 <sup>c</sup>	68,66±0,72 <sup>cf</sup>	7,56±0,62 <sup>abc</sup>	5,84±0,59 <sup>a</sup>	6,74±0,36 <sup>a</sup>	13,68±0,20 <sup>f</sup>
MB1	123,59±1,16 <sup>i</sup>	63,92±1,34 <sup>a</sup>	73,15±0,54 <sup>b</sup>	56,48±2,20 <sup>ad</sup>	24,52±0,60 <sup>d</sup>	10,76±0,60 <sup>d</sup>	14,97±0,38 <sup>e</sup>	7,46±0,69 <sup>b</sup>
MK1	109,62±2,68 <sup>c</sup>	106,47±3,25 <sup>f</sup>	98,58±3,13 <sup>e</sup>	109,61±1,25 <sup>e</sup>	21,03±1,29 <sup>e</sup>	18,56±0,68 <sup>e</sup>	17,35±0,20 <sup>f</sup>	17,52±0,35 <sup>a</sup>
MK2	67,72±0,69 <sup>f</sup>	58,55±0,87 <sup>g</sup>	62,22±1,29 <sup>c</sup>	64,16±1,18 <sup>bc</sup>	8,9±0,39 <sup>bc</sup>	6,62±0,51 <sup>a</sup>	7,76±0,04 <sup>c</sup>	14,87±0,23 <sup>d</sup>
MK3	43,62±0,47 <sup>g</sup>	50±0,22 <sup>b</sup>	51,75±0,56 <sup>a</sup>	56,72±0,57 <sup>ad</sup>	5,93±1,05 <sup>a</sup>	5,97±0,32 <sup>a</sup>	7,07±0,17 <sup>a</sup>	11,37±0,06 <sup>g</sup>
MU1	62,27±1,95 <sup>a</sup>	52,07±0,72 <sup>bc</sup>	51,47±0,47 <sup>a</sup>	53,21±0,14 <sup>d</sup>	7,07±0,38 <sup>a</sup>	2,77±0,56 <sup>b</sup>	6,60±0,13 <sup>a</sup>	5,89±0,39 <sup>c</sup>
MK4	61,18±1,97 <sup>a</sup>	61,87±1,01 <sup>a</sup>	62,57±2,20 <sup>cd</sup>	70,51±4,00 <sup>f</sup>	7,87±0,05 <sup>abc</sup>	7,88±0,48 <sup>c</sup>	8,19±0,14 <sup>cd</sup>	17,49±0,23 <sup>a</sup>
MU2	112,76±1,38 <sup>c</sup>	100,52±2,23 <sup>h</sup>	93,11±2,26 <sup>f</sup>	112,26±1,28 <sup>e</sup>	4,30±0,79 <sup>f</sup>	2,98±0,15 <sup>b</sup>	2,69±0,33 <sup>g</sup>	6,44±0,18 <sup>c</sup>
MU3	94,49±2,00 <sup>b</sup>	63,52±0,67 <sup>ae</sup>	63,53±1,44 <sup>cd</sup>	65,51±1,09 <sup>bc</sup>	11,08±0,35 <sup>g</sup>	5,87±0,47 <sup>a</sup>	6,19±0,23 <sup>a</sup>	10,38±0,10 <sup>h</sup>
MU4	103,36±1,07 <sup>h</sup>	54,65±1,45 <sup>c</sup>	66,64±1,80 <sup>d</sup>	66,02±0,39 <sup>bc</sup>	6,74±0,13 <sup>ac</sup>	2,38±0,27 <sup>b</sup>	7,91±0,21 <sup>c</sup>	7,75±0,59 <sup>b</sup>
MK5	93,11±4,11 <sup>c</sup>	62,72±1,49 <sup>a</sup>	63,29±2,71 <sup>cd</sup>	54,98±2,44 <sup>ad</sup>	16,49±0,52 <sup>h</sup>	8,70±0,76 <sup>c</sup>	9,00±0,10 <sup>d</sup>	15,37±0,50 <sup>d</sup>

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type (n= 3), les valeurs portant la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes (p < 0,05).

### 3.4 CAPACITÉ ANTIOXYDANTE

#### 3.4.1 POUVOIR RÉDUCTEUR

Les valeurs du pouvoir réducteur obtenues varient de 20,89±0,88 (MU1) à 61,38±2,91 mg EAG/100g (MK1) pour toutes les extractions, (Figure 3). Elles sont exprimées en mg d'équivalent d'acide galique (EAG) par 100g de miel. Ces valeurs sont semblables à celles trouvées par [9] 21,33 à 50,47 mg EAG/100g sur les miels de Serbie; elles sont légèrement supérieures à celles obtenues par [21] 5,65 à 8,7 mg EAG/100g sur les miels d'Algérie. Nos valeurs trouvées sont similaires à celles trouvées par [3], avec le miel d'Acacia, d'Eucalyptus et d'Amande, d'Italie, qui étaient respectivement de 21,1 mg EAG/100g, 62,8 mg EAG/100g et 43,8 mg EAG/100g. La variation du pouvoir réducteur est due à la qualité et la quantité des composés phénoliques. Les molécules de polyphénols possèdent un noyau aromatique qui est considéré comme le groupe à la base de l'effet chélateur du Fe<sup>3+</sup> des polyphénols, due à leur grande capacité nucléophile. Le degré d'hydroxylation et de méthylation des composés phénoliques ainsi que la présence d'autres composés comme les enzymes (glucose oxydase et catalase) et d'autres substances comme les vitamines et les acides aminés seraient en causes dans l'activité antioxydante du miel [1].

Tableau 3. Capacité réductrice des échantillons

MIELS	Pouvoir Réducteur (mg EAG/100g de miel)			
	MetOH 50%	EtOH 85%	EtOH 50%	EAU
MW1	42,05±2,59 <sup>e</sup>	34,51±1,63 <sup>ce</sup>	31,53±0,98 <sup>d</sup>	29,08±0,96 <sup>a</sup>
MW2	41,65±2,76 <sup>eb</sup>	33,09±0,64 <sup>c</sup>	28,69±1,52 <sup>dc</sup>	33,25±1,26 <sup>c</sup>
MB1	50,00±1,85 <sup>a</sup>	48,31±0,25 <sup>a</sup>	47,01±0,31 <sup>a</sup>	31,14±1,63 <sup>a</sup>
MK1	54,45±2,31 <sup>c</sup>	51,92±1,71 <sup>b</sup>	61,38±2,91 <sup>e</sup>	60,56±3,05 <sup>b</sup>
MK2	47,94±0,76 <sup>ad</sup>	46,99±0,79 <sup>af</sup>	46,49±0,79 <sup>a</sup>	42,28±1,46 <sup>d</sup>
MK3	36,53±1,47 <sup>b</sup>	36,63±1,82 <sup>e</sup>	37,61±2,08 <sup>b</sup>	32,17±1,23 <sup>c</sup>
MU1	27,90±1,93 <sup>f</sup>	26,53±2,08 <sup>d</sup>	22,25±0,59 <sup>f</sup>	20,89±0,88 <sup>e</sup>
MK4	44,76±1,25 <sup>e</sup>	48,10±2,04 <sup>af</sup>	45,40±1,38 <sup>a</sup>	38,90±1,23 <sup>g</sup>
MU2	38,21±0,93 <sup>b</sup>	46,14±1,70 <sup>a</sup>	35,96±1,30 <sup>b</sup>	33,51±1,19 <sup>ac</sup>
MU3	51,22±1,64 <sup>ac</sup>	51,28±0,61 <sup>b</sup>	48,12±0,87 <sup>a</sup>	42,25±0,06 <sup>df</sup>
MU4	45,31±0,30 <sup>ed</sup>	29,11±0,92 <sup>d</sup>	28,7±0,85 <sup>c</sup>	22,57±0,92 <sup>e</sup>
MK5	50,22±2,14 <sup>a</sup>	47,05±1,51 <sup>af</sup>	48,34±0,72 <sup>a</sup>	44,41±1,33 <sup>df</sup>

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type (n= 3), les valeurs portant la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes (p < 0,05)

L'analyse statistique a montré des relations significatives ( $p < 0,05$ ) entre les teneurs en flavonoïdes et le pouvoir réducteur ( $r = 0,68$  Flavonoïdes et pouvoir réducteur dans le MetOH 50%;  $r = 0,62$  Flavonoïdes et pouvoir réducteur dans le EtOH 85%;  $r = 0,62$  Flavonoïdes et pouvoir réducteur dans le EtOH 50%;  $r = 0,74$  Flavonoïdes et pouvoir réducteur dans l'Eau). En effet, par rapport aux autres composés phénoliques, les flavonoïdes sont des meilleurs donneurs d'électrons [18], [4]. Ainsi ces corrélations se justifieraient par cette propriété particulière des flavonoïdes de pouvoir céder un électron afin de réduire les molécules pro-oxydant.

#### 4 CONCLUSION

La composition phytochimique, le pouvoir antioxydant et la couleur des échantillons de miel de la ville de Bukavu et de ses environs ont été analysés. Tous les miels ont montré une teneur importante en différents composés, polyphénols et Flavonoïdes, mais avec des variations significatives qui seraient attribuées à l'origine botanique, géographique et saisonnière du miel. La capacité antioxydante du miel a varié en relation avec les flavonoïdes signe que ces derniers jouent un rôle très important dans les propriétés antioxydantes du miel. La couleur, de même que la capacité antioxydante, a varié en fonction de la concentration en flavonoïdes démontrant que ces pigments naturels des plantes jouent aussi un rôle dans la coloration du miel. Enfin pour une meilleure compréhension de ces mécanismes il serait nécessaire d'augmenter le nombre d'échantillon de miel à étudier, de différentes origines botaniques, Géographique et saisonnier.

#### REFERENCES

- [1] Aljadi, A. and Kamaruddin Y., 2004. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry*. 85, 513–518.
- [2] Al-Mamary M., Al-Meeri A., and Al-Habori, M., 2002. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition research*, 22, 1041-1047.
- [3] Attanzio A., Luisa T., Mario A., Maria A. and Livre A., 2016. Monofloral honeys by Sicilian black honeybee (*Apis mellifera* ssp. *sicula*) have high reducing power and antioxidant capacity. *Chemical and Pharmaceutical Science and Technologies* 28, 90123.
- [4] Beddou F., 2015. Etude phytochimique et activités biologiques de deux plantes médicinales sahariennes *Rumex vesicarius* L. et *Anvillea radiata* Coss. Et Dur. Université Abou Bekr Belkaid. Thèse. 139p.
- [5] Blasa M., Candiracci M., Accorsi A. and Piacentini M. 2006. Raw millefiori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*. 97, 217–222.
- [6] Bouyahya A., Abrini J., Et-Touvs A., Lagrouh F., Dakka N., et Barki Y., 2017. Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie*. Lavoisier SAS.
- [7] Bueno-Costa F., Zambiasi R., Bohmer B., Chaves F., Silva W. and al. 2016. Antibacterial and antioxydant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Food science and toxicology*. 65, 333-340.
- [8] Cabrera M., Perez M., Gallez L., Andrada A., Balbarrey G., 2017. Color, antioxidant capacity, phenolic and flavonoid content of honey from the Humid Chaco region, Argentina. *Int. J. Exp. Bot.* 86, 124-130.
- [9] Canadanovic-Brunet J., Cetkovic G., Saponjac V., Stajcic S., Vulic J., Djilas S., Stajner D., and Popovic B., 2014. Evaluation of phenolic content, antioxidant activity and sensory characteristics of Serbian honey-based product. *Industrial Crops and Products*. 62, 1–7.
- [10] Gül A. and Pehlivan T., 2018. Antioxydant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi journal of biological sciences*. 11p.
- [11] Habib H., Meqbal F., Kamal H., Souka U. and Ibrahim W., 2014. Physicochemical and biochemical properties of honeys from Arid regions. *Food chemistry*. 153, 35-43.
- [12] Kadri S., Zaluski R., Lima G., Mazzafera P. and Orsi R., 2016. Characterization of *Coffea arabica* monofloral honey from espirito santo, Brazil. *Food chemistry*. 146, 252-257.
- [13] Küçük M., Kolaylı S., Karaoğlu Ş., Ulusoy E., and Baltacı C., and Candan F., 2007. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*. 100, 526–534.
- [14] Meo S., Al-Asiris A., Mahesar A. and Ansari M., 2017. Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 24, 975-978.
- [15] Mohamed A., Abeer A., Ahlam A., Sharifa A., 2018. Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey. *Heliyon* 4 e00874.
- [16] Moniruzzaman M., Sulaiman S., Khalil M., and Gan S., 2013. Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *Chemistry Central Journal*. 7, 138.
- [17] Mouhoubi Z., Ouchemoukh S. and Tamendjari A., 2016. Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial crops and products*. p6.
- [18] Naczki M., and Shahidi F., 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography*. 1054, 95-111.
- [19] Perna A., Simonetti A., Intaglietta I. and Sofo A., 2012. Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxydant activity. *Food science and technology*. 47, 1909-1917.
- [20] Rebiai A., Lanez T., 2014. Comparative study of honey collected from different flora of Algeria. *J. Fund. Appl. Sci.* 6 (1), 48e55.
- [21] Redouan E., Walid K., Badiia L. and Mohamed M., 2018. *Certonia siliqua* honeys from Morocco: physicochemicals properties, mineral contents and antioxidant activities. *Journal of food and drug analysis*. 26, 67-73.

- [22] Saadeli L. et Taarkoubt S., 2017. Etude de l'effet gastroprotecteur de quelques miels Algériens in vivo sur des souris ulcérées par l'indométacine. Université A. Mira-Bejaia, Mémoire de Master. P66.
- [23] Saric G., Markovic K., Major N., Krpan M., Ursulin-Trstenjak N., Hruskar M. and Vahcic N., 2012. Changes of Antioxidant Activity and Phenolic Content in Acacia and Multifloral Honey During Storage. Original scientific paper. FTB-ms 2946.
- [24] Sousa J., de Souza E., Marques G., Meireles B., Gullón, B. and al., 2016. Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys produced by Meliponini in the Brazilian semiarid region. Food Research International. 84, 61–68.
- [25] Srinivasan D., Perumalsamy P., Nathan S. and Sures T., 2001. Antimicrobial activity of certain Indian medicinal plant used in folkloric medicine. Journal of Ethnopharmacology. 94: 217-222.
- [26] Tahar H. et Talaouit F., 2017. Profils polliniques, caractéristiques physicochimiques, activités antioxydantes et antibactériennes de quelques miels Algériens. Université de Béjaïa, Mémoire de Master 58p.
- [27] Terrab A., Diez M. and Heredia F., 2003. Palynological, Physicochemical and color characterization of Moroccan honeys: Orange (Citrus sp.) honey. International Journal of Food Science and Technology. 38, 387-394.
- [28] Zehera C., Oktay Y., Huseyin S., Emine A. and Sibel S., 2015. An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. Food Chemistry. 180, 133-141.