

## EFFET DE L'ÉTAGE BIOCLIMATIQUE SUR LA QUALITÉ ET ACTIVITÉ ANTIBACTERIENNE DU MIEL RÉCOLTÉ DANS LA RÉGION DE DJELFA (MILIEU STÉPPIQUE)

YABRIR Benalia<sup>1\*</sup>, TOUATI Mostefa<sup>1</sup>, HAMIDI Mohamed<sup>1</sup>, HACHI Mohamed<sup>1</sup>, ADLI Benzian<sup>1</sup>, BEZINI Elhadi<sup>1</sup> et TOUMATIA Omrane<sup>2</sup>

1. Université Ziane Achour – Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Algérie

2. École Normale Supérieure de Kouba – laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens. Algérie

Reçu le 06/02/2021, Révisé le 07/10/2021, Accepté le 30/11/2021

### Résumé

**Description du sujet :** Le miel est parmi les plus anciens aliments connu par l'homme. Il est bien apprécié pour sa valeur nutritionnelle et ses propriétés thérapeutiques pour lesquelles, il est utilisé.

**Objectifs :** Le but de ce travail est de caractériser le miel produit en milieu steppique algérien et d'étudier l'effet de l'étage bioclimatique sur sa composition et son activité antibactérienne.

**Méthodes :** Dix échantillons ont été analysés. Six échantillons proviennent d'un milieu aride inférieur (sud de la région d'étude) et quatre d'un milieu semi-aride (nord de la région d'étude).

**Résultats :** Les résultats obtenus montrent que les miels de la zone aride inférieure sont plus riches en minéraux, protéines, moins acides, plus denses et présentant des teneurs élevées en HMF que ceux de la zone semi-aride. Par contre, les miels de cette dernière renferment plus de matière sèche et ayant un indice diastasique supérieur à ceux de la zone aride inférieure. La variabilité de la composition physicochimique des miels selon l'étage bioclimatique est non significative à l'exception pour les protéines ( $p < 0,01$ ). Entre autre tous les paramètres étudiés sont conformes aux normes internationales et témoignent de ce fait de leur bonne qualité. Les corrélations entre les variables sont variables et se distinguent. La teneur en eau est le paramètre le plus corrélé avec, les cendres (-0,77), la conductivité électrique (-0,66), la densité (-0,87) et l'acidité des lactones (+0,75). L'action inhibitrice des miels à l'encontre des souches testées est variable selon le gradient d'aridité. Le degré d'inhibition des dites souches varie en fonction du miel et de la dilution utilisée. L'effet antibactérien se manifeste pour des concentrations allant de 7,50 à 25%. *E. coli* est plus résistante aux miels du sud que ceux du nord de Djelfa ( $p < 0,01$ ).

**Conclusion :** L'effet de l'étage bioclimatique sur les propriétés et la composition du miel de la steppe mérite plus d'étude et d'investigation pour mettre en exergue les variations rencontrées dans ces deux zones. D'autres facteurs, d'autres paramètres (en particulier le profil glucidique) valent plus d'intention pour une meilleure gestion durable d'un produit de haute valeur thérapeutique

**Mots clés :** Miel ; steppe ; étage bioclimatique ; qualité ; activité bactérienne ; Algérie.

## EFFECT OF THE BIOCLIMATIC STAGE ON THE QUALITY AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF HONEY HARVESTED IN DJELFA REGION (STEPPE ENVIRONMENT)

### Abstract

**Description of the subject:** Honey is among the oldest foods known to humans. It is well appreciated for its nutritional value and its therapeutic properties for which it is used.

**Objective:** The aim of this work is to characterize the honey produced in Algerian area steppe and to study the effect of the bioclimatic stage on its composition and its antibacterial activity.

**Methods:** Ten samples were analyzed. Six from inferior-arid environment (southern of study area) and four from semi-arid environment (northern of study area).

**Results:** The results obtained show that honeys from inferior arid are richer in minerals, proteins, less acidic, denser and having high levels of HMF than those from semi-arid area. While, the honeys of the later contain more dry matter and have diastase index higher than those from inferior-arid environment. The variability of honey's physicochemical composition according to the bioclimatic stage is not significant except for proteins ( $p < 0.01$ ). Among other, all parameters studied are in accordance with international standards which testify their good quality. Correlations between variables are variable and distinguishable. The moisture content is the most correlated parameter with, ash (-0.77), electrical conductivity (-0.66), density (-0.87) and acidity of lactone (+0.75). The inhibitory action of honeys against strains tested is variable according to the aridity gradient. The degree of inhibition of said strains varies to the honey and the dilution used. The antibacterial effect occurs at concentrations ranging from 7.50 to 25%. *E. coli* is more resistant to southern honeys than those from north of Djelfa ( $p < 0.01$ ).

**Conclusion:** The effect of the bioclimatic floor on the properties and composition of honey from the steppe deserves more study and investigation to highlight the variations encountered in these two areas. Other factors, other parameters (in particular the carbohydrate profile) are worth more attention for better sustainable management of a product of high therapeutic value

**Keywords:** Honey, Steppe, bioclimatic stage, quality, bacterial activity, Algeria.

\* Auteur correspondant: YABRIR Benalia, E-mail: byabrir@yahoo.fr

## INTRODUCTION

Produit de la ruche, le miel est parmi les plus anciens aliments connu par l'homme. Il est bien apprécié pour sa valeur nutritionnelle et ses propriétés thérapeutiques pour lesquelles, il est utilisé. En un mot, c'est un produit noble. Il est élaboré par les abeilles *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou à partir de sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes. Déjà, à partir de cette définition élaborée par le comité du codex Alimentarius [1], apparaît une première classification selon son origine sécrétoire. D'autres classification existent [2 ; 3]. Ses caractéristiques physicochimiques et sa composition chimique sont sujettes à des variations en fonction de plusieurs facteurs. Pour cela, certains critères analytiques ont été élaborés et des normes ont été fixées pour prédire ou même éviter toute falsification ou adultération du miel tels que l'ajout des sirops de sucres, des acides ; fraudes sur les appellations géographiques ou florales. L'analyse pollinique permet en plus d'identifier l'origine géographique et botanique du miel [4]. L'Algérie de par ses étendues et de sa richesse faunistique et floristique recèle dans ses replis une variété incontestable de produits à hautes valeurs et qui méritent d'être bien étudiés et mis en valeur. Parmi ces produits ; le miel, produit ici et là, dans différentes parties du pays, a fait l'objet de plusieurs études : à l'est du pays [5 ; 6], au nord et au centre [7 ; 8], à l'ouest [9 ; 10] et au sud du pays [11 ; 12].

Notre étude consiste, à évaluer la qualité physicochimique du miel produit en milieu steppique algérien selon deux gradients d'aridités ascendantes de la région de Djelfa : sud de la Wilaya caractérisé par son étage bioclimatique aride inférieur (AI) et nord de la wilaya définie par son étage semi-aride (SA).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Zone d'étude

La wilaya de Djelfa est située à 300km au Sud de la capital Alger (Fig. 1). Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord. Elle est d'une superficie de 33 236 km<sup>2</sup> dont les parcours steppiques constituent 70 % de la superficie totale. Cette wilaya se distingue par quatre étages (sous étages) bioclimatiques : semi-aride, aride inférieur, moyen et supérieur. Chaque étage est caractérisé par des types de formation végétale (forêts, steppes, cultures) et par plusieurs classes de parcours [13]. Djelfa possède un couvert végétal peu intense avec des vides entre les touffes de végétation sur des sols généralement maigres et des forêts claires et aérées par manque de sous-bois. Elle fait partie globalement de la steppe d'alfa. Les hivers sont froids et rigoureux et les étés chauds et secs [14]. Djelfa connaît le gel en hiver et la canicule en été. Les précipitations sont irrégulières, peu abondantes, mal réparties dans l'espace (250 mm à 300 mm par an en moyenne au centre, 250 mm au nord et 150 mm ou moins au sud de la région). Elles sont souvent torrentielles. Les vents sont parfois violents et caractérisés par la fréquence du sirocco chaud et sec.

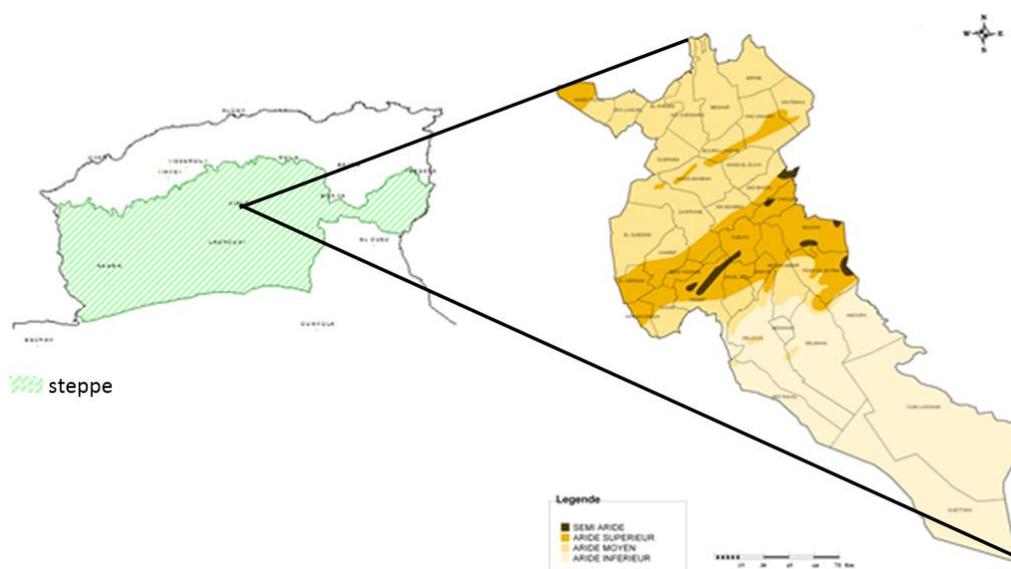


Figure 1: Délimitation bioclimatique de la région de Djelfa (zone d'étude)

## 2. Echantillonnage

Dix échantillons ont été récoltés chez des apiculteurs de quatre localités de la wilaya de Djelfa. Six échantillons proviennent du Sud de Djelfa (Messad et Taadmit) et qui caractérisent l'étage bioclimatique aride inférieur et les quatre autres échantillons, qui caractérisent l'étage bioclimatique semi-aride proviennent du Nord de Djelfa (Had Shary et Benhar). Les échantillons sont conservés dans des pots stériles en plastique et conservés à 4°C jusqu'aux analyses.

## 3. Analyses physico-chimiques

Les méthodes d'analyses employées sont celles décrites dans la littérature [15 ; 16]. Trois répétitions sont prévues pour chaque paramètre.

-La teneur en eau a été déterminée à l'aide d'un réfractomètre (Abbe à thermomètre incorporé). En se rapportant à la table de Chataway, on obtient le pourcentage réel d'eau correspondant à l'indice de réfraction à 20°C.

-Les cendres sont déterminées par incinération à 625±25°C dans un four à moufle jusqu'à poids constant.

-La teneur en matières insolubles dans l'eau est déterminée par pesage, après solubilisation du miel dans de l'eau et ajustement du pH de la solution entre 7 et 9.

-Les protéines sont dosées par la méthode de Kjeldahl ; l'azote dosé est converti en protéines en utilisant un facteur de conversion égal à 6,2.

-La teneur en matière sèche par réfractométrie (Brix).

La teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF) est déterminée par spectrophotométrie à 550nm (Spectrophotomètre UV- visible type Jenway).

-L'activité diastasique (amylasique) est définie comme étant le nombre de ml d'une dilution aqueuse à 1% (masse/volume) d'amidon standard hydrolysé en une heure par un gramme de miel. L'absorbance est lue dans un spectrophotomètre à 660nm et on détermine le temps nécessaire pour atteindre l'absorbance 0,235 (l'amidon est considéré comme étant entièrement dégradé à cette absorbance).

-Le pH est mesuré sur une solution de miel à 10% (Hanna H211, Hanna Instrument). L'acidité libre est dosée par titrage à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au pH du point équivalent et celle combinée (acidité des lactones) par titrage en retour de l'excès d'hydroxyde de sodium par l'acide sulfurique. L'acidité totale est la somme des deux acidités.

-La conductivité électrique est mesurée sur une solution de miel à 20% de matière sèche (à 20±0,5°C) à l'aide d'un conductimètre

-La densité est mesurée à l'aide d'un pycnomètre.

## 4. Activité antibactérienne

Le test d'activité a été réalisé selon les prescriptions de l'arrêté du Journal Officiel de la République Française [15]. L'activité antibactérienne a été testée sur trois souches en culture jeune de 24h et qui proviennent de l'American Type Culture Collection (ATCC) (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853). Cette activité est caractérisée par une note de 0 à 5 en fonction de la dilution du miel nécessaire pour l'inhibition de croissance de la culture bactérienne suivant la convention suivante :

Inhibition avec 5% de miel dans le milieu.....5.

Pas d'inhibition avec 5% mais inhibition avec 10%.....4.

Pas d'inhibition avec 10% mais inhibition avec 15%.....3.

Pas d'inhibition avec 15% mais inhibition avec 20%.....2.

Pas d'inhibition avec 20% mais inhibition avec 25%.....1.

Pas d'inhibition même avec 25%.....0.

Une précision de 0,25 entre ces notes peut être atteinte lorsque l'inhibition n'est pas totale et que le développement bactérien couvre un quart, un demi ou trois quarts de la surface gélosée dans une boîte.

## 5. Traitement statistique

Les principales analyses, effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA, version 6.1 édition 2003, ont porté sur la statistique descriptive (moyenne, écart-types, min, max), l'analyse de la variance (Test de Fisher-Snedecor) à un facteur (étage bioclimatique) pour distinguer les différences entre les caractéristiques des miels au seuil de signification de 5% et l'étude des corrélations pour examiner les liens entre les variables étudiées lors de cette recherche.

## RÉSULTATS

### 1. Composition physico-chimique et effet de l'étage

Les résultats des analyses physico-chimiques sont consignés dans le tableau 1.

Les valeurs sont présentées sous forme de moyenne encadrées par leur écart-type pour chaque groupe de miels. Les valeurs minimales et maximales sont présentées pour l'ensemble des échantillons. L'effet de l'étage bioclimatique a été testé par l'analyse de la variance à un facteur au seuil de significativité de 5%. D'une part les miels du sud de Djelfa sont plus ou moins riches et présentent des

teneurs plus élevées comparativement à ceux du nord, à l'exception des teneurs en eau, pH et acidités (libre et des lactones). Entre autre, nous constatons une activité diastasique assez importante chez les miels provenant du nord de la région par rapport à celle provenant du Sud. Seule la teneur en protéines, diffère significativement entre les miels du nord et ceux du sud de la région.

Tableau 1 : Résultats des analyses physico-chimiques

Variable	Echantillon	Miels Sud (n=6)	Miels Nord (n=4)	Min – Max (n=10)	P*	Moy (n=10)
Teneur en eau (%)		14,10±0,95	14,94±0,70	13,20-15,60	ns	14,43
Teneur en MI (%)		0,06±0,01	0,05±0,02	0,03-0,07	ns	0,06
Cendres (%)		0,13±0,06	0,06±0,02	0,04-0,18	ns	0,10
Protéines (%)		0,68±0,09	0,36±0,11	0,25-0,75	***	0,55
MS (%)		83,97±1,21	84,67±0,15	82,30-84,97	ns	84,25
HMF (mg/kg)		13,14±3,68	7,02±4,85	2,82-16,75	ns	10,70
pH		3,94±0,43	4,45±0,16	3,49-4,60	ns	4,14
CE (10 <sup>-4</sup> . S/Cm)		0,13±0,04	0,10±0,02	0,08-0,17	ns	0,12
Densité		1,47±0,09	1,36±0,07	1,29-1,63	ns	1,43
ID (unité Schade)		54,20±18,31	77,30±17,23	32,85-92,31	ns	63,44
Acidité libre (mécq/kg)		32,03±7,72	36,73±2,91	26,87-42,20	ns	33,91
Acidité des lactones (mécq/kg)		8,88±1,00	9,23±1,71	7,69-10,93	ns	9,02

P\* : Analyse de la variance (\*\*\*) : différence très hautement significative à p<1‰ ; ns : non significatif)

## 2. Corrélation entre les variables

L'étude des corrélations (Tableau 2) nous montre que l'eau est le paramètre le plus corrélée significativement avec les paramètres physiques du miel (conductivité électrique,

densité, acidité des lactones et cendres). Quant aux cendres, ceux-ci présentent des corrélations significatives avec l'HMF, la conductivité électrique et la densité.

Tableau 2 : Corrélations entre les différentes variables au seuil de 5%

	Eau	MI	Cendres	Prot	MS	HMF	pH	CE	Densité	ID	Acidité libre	Acidité des lactones
Eau	1,000											
MI	-0,606	1,000										
Cendres	<b>-0,774</b>	0,167	1,000									
Prot	-0,434	0,300	0,311	1,000								
MS	-0,486	0,008	0,496	-0,513	1,000							
HMF	-0,469	-0,173	<b>0,903</b>	0,297	0,307	1,000						
pH	0,013	-0,286	-0,276	-0,276	0,360	-0,351	1,000					
CE	<b>-0,663</b>	-0,048	<b>0,959</b>	0,174	0,585	<b>0,937</b>	-0,145	1,000				
Densité	<b>-0,868</b>	0,403	<b>0,662</b>	<b>0,654</b>	0,222	0,472	0,100	0,594	1,000			
ID	0,184	0,485	-0,526	-0,527	0,078	<b>-0,742</b>	-0,037	-0,609	-0,462	1,000		
Acidité libre	-0,165	-0,517	0,241	-0,288	<b>0,652</b>	0,255	<b>0,788</b>	0,428	0,233	-0,428	1,000	
Acidité des lactones	<b>0,748</b>	<b>-0,870</b>	-0,272	-0,197	-0,335	0,113	0,094	-0,115	-0,490	-0,460	0,237	1,000

## 3. Activité antibactérienne

L'activité bactérienne a été testée sur trois souches de référence (ATCC) en fonction du gradient de dilution du miel. Les résultats obtenus (tableau 3) montrent que toutes les

souches sont inhibées par les divers miels analysés et que leur degré d'inhibition varie en fonction du miel et de la dilution utilisée ainsi que des souches considérées.

L'effet antibactérien se manifeste pour des concentrations allant de 7,50 % à 25% qui correspondent aux graduations 4,25 et 1,00 respectivement pour l'ensemble des miels analysés. Cet effet se situe entre des concentrations comprises entre 25% et 12,50% et qui coïncident avec la graduation 3,75 et 1,00 respectivement pour les miels du sud, pour celui des miels du nord, il se trouve encadrer par les concentrations 7,50 et 20%.

Il semble que seule *E. coli* est très influencée par l'origine géographique des miels ( $P < 0,01$ ). En effet, elle est plus résistante aux miels provenant du sud et plus sensibles à ceux de la région nord. Pour les autres souches, bien que l'action inhibitrice des miels est variable selon l'origine géographique de ces derniers, mais elle demeure non significative.

Tableau 3 : activité antibactérienne (exprimée en graduation de 1 à 5)

Variable	Echantillon (n=6)	Miels Sud (n=6)	Miels Nord (n=4)	Min – Max (n=10)	P*	Moy (n=10)
<i>E. coli</i>		2,25±0,71	3,88±0,32	1,25-4,25	***	2,90
<i>S. aureus</i>		2,25±0,95	3,13±0,32	1,00-3,50	ns	2,60
<i>P. aeruginosa</i>		2,50±0,94	2,50±0,54	1,00-3,75	ns	2,50

P\* : Analyse de la variance (\*\*\* : différence très hautement significative à  $p < 1\%$  ; ns : non significatif)

## DISCUSSION

### 1. Composition globale

Selon Bogdanov *et al.* [17], le climat est l'un des facteurs qui influe sur la teneur en eau. La teneur en eau des miels du Nord est légèrement supérieure à celle des miels du Sud, bien que cette différence soit non significative. La valeur moyenne enregistrée pour l'ensemble des échantillons de la région se rapproche de celle trouvée dans la même région [8] et qui considèrent les miels de cette région comme étant sec, si on considère les normes internationale et Européennes [1 ; 18]. Cette valeur est en faveur de la conservation du miel et est moins sujette à la fermentation alcoolique au cours du stockage [19]. Nos résultats sont inférieurs à ceux trouvés dans la littérature, soit à l'échelle nationale [7 ; 20-23], soit à l'échelle internationale [24 ; 25].

Le pH est l'un des critères de qualité du miel, en raison de son influence sur la texture, la stabilité et la résistance [26], bien que les normes Européennes restent muettes quant à la valeur de ce paramètre [18]. Si le pH est une mesure directe des ions hydronium présents dans le milieu, l'acidité en revanche est due à la composition du miel en particulier la présence des acides organiques, acide gluconique qui résulte de la dégradation du glucose [17] et des acides inorganiques tels que phosphates et chlorures [27]. Selon Echingo et Takenaka [28], la production de l'acide gluconique constitue le facteur principal d'abaissement du pH et d'augmentation de l'acidité du miel. Nos résultats coïncident bien avec ceux de Zerrouk *et al.* [29], en particulier pour les échantillons récoltés dans la même région que la nôtre.

Ils confirment les valeurs trouvées par Mekious *et al.* [8] en matière de pH mais se contredisent en matière d'acidité libre pour ceux de la même région.

La mesure de la conductivité électrique nous renseigne sur l'origine botanique du miel, ce qui permet de différencier les miels de fleurs des miels de miellat [30]. Ces derniers présentent des valeurs plus élevées ( $> 0,8$  ms/cm) [31]. La conductivité électrique de nos échantillons ne dépassait guère  $0,17 \times 10^{-4}$  (S/cm) ce qui permet de les classer parmi la première classe. Entre autre, la valeur moyenne de nos échantillons se trouve très en dessous de celle enregistrée par Zerrouk *et al.* [32] et se rapproche de celle des miels récoltés dans la région de Djelfa [8 ; 11]. Les données relatives aux teneurs en cendres des miels analysés se rapprochent de celles trouvées par Zerrouk *et al.* [32]. Le taux des cendres est relié à la composition minérale et de ce fait, il est considéré comme un critère de qualité pour distinguer l'origine botanique des miels [30]. Selon les mêmes auteurs, la teneur en cendres est généralement inférieure ou égale à 0,6% (m/m). Certains auteurs rapportent que le miel de miellat présente une teneur plus élevée en cendres que celui de fleurs [33]. La différence en teneur des cendres pourrait être attribuée aux caractéristiques du sol et du climat [34].

La densité moyenne des échantillons analysés fluctue autour de 1,43, elle se trouve ainsi encadrée par l'intervalle élaboré par Louveaux [19]: 1,39 - 1,44. Elle est inversement proportionnelle à la teneur en eau (tableau 2), c'est dire que plus le miel est riche en eau, moins il est dense, et de plus, elle concorde avec les valeurs enregistrées par d'autres [5 ; 20].

La densité est significativement corrélée avec le taux des cendres; en effet, le poids spécifique du miel peut varier légèrement selon l'origine florale et notablement selon la teneur en matières minérales [19].

L'hydroxyméthylfurfural (HMF), produit intermédiaire de la réaction de Maillard résultant de la dégradation thermique des hexoses en présence d'un acide, est l'un des principaux signes de qualité des miels [35]. Dans ce sens, sa teneur ne doit dépasser le seuil de 40mg/kg fixé par les normes internationales et Européennes [1 ; 18]. La valeur maximale atteinte par nos échantillons ne dépassait guère 17mg/kg. Cette valeur rejoint celles d'autres auteurs ayant travaillé sur des échantillons de miels de la même région [8 ; 11 ; 23]. Contrairement à nos résultats, Zerrouk *et al.* [32], ont observé des valeurs très élevées, parfois supérieures à la dite norme pour les différents types de miels analysés et attribuent cela aux conditions climatiques du pays en particulier pendant la période estivale où la température peut atteindre les 40°C, en se basant sur des travaux antérieurs [36]. Pour certains auteurs, la présence d'HMF est une preuve d'adultération chimique du miel par du sucre interverti [37]; alors que pour d'autres, cette présence d'HMF en faible quantité peut résulter du chauffage du miel [38]. Enfin, le vieillissement naturel du miel peut contribuer à la production de ce dérivé [37]. L'effet du couple température/temps a été étudié sur le contenu en HMF du miel [39].

Dans le miel, la matière insoluble représente les particules de cire en suspension et/ou des débris d'insectes et de végétaux [40]. Le taux moyen des matières insolubles trouvé dans les échantillons des miels analysés est de 0,06% et dont la valeur maximale est de 0,07% et sont donc conformes aux normes internationales évaluées à 0,1% pour le miel non pressé et 0,5% pour le miel pressé [1]. Nos résultats ne suivent pas ceux enregistrés par Mesbahi *et al.* [12] variant entre 0,19 et 0,25%.

L'activité enzymatique dans le miel est généralement mesurée par l'activité des diastases et des invertases [30] et est considérée comme indice de fraîcheur du miel; cette activité diminue dans les vieux miels ou les miels traités thermiquement. Les normes internationales et Européennes fixent un seuil minimal de 8 unités de schade pour l'indice diastasique [1 ; 18]. Selon Louveaux [19], les miels sont souvent riches en diastases, tant d'origine animale que végétale; ces enzymes

sont par ailleurs assez sensibles à la chaleur et par conséquent sont détruites ou affaiblies par des températures assez élevées. L'inactivation partielle de l'amylase est en rapport avec la température et le temps de pasteurisation [35]. Mekious *et al.* [8], ont enregistré des valeurs plus faibles que les nôtres, bien que supérieures à 8 (unités de Schade) et dont 92,10% dépassaient 20 unités de Schade avec un maximum de 32,79 pour des échantillons récoltés dans la même région que la nôtre. Aussi, Amri [23] a constaté des valeurs voisines de 28,9 pour des échantillons de même région. Généralement, l'indice diastasique varie de 8,9 et 35,9 pour les miels de fleurs et de 4,7 à 25,8 pour les miels de miellat [30].

## 2. Effet de l'étage et lien entre les variables

Les miels du Sud de la région sont très significativement (tableau 1) riches en protéines que ceux de la région Nord. La teneur moyenne se trouve proche de 0,55%. Nos échantillons semblent être très riches en protéines comparativement à ceux étudiés par Amri [23] pour qui, la teneur en protéines des miels récoltés dans la région de Djelfa varie de 0,075% à 0,082%. Entre autre ils se trouvent encadrés par l'intervalle observé par Cherfour *et al.* [5], établi comme suit [0,22-0,96%] pour des miels récoltés dans différentes régions du Nord-Est de l'Algérie et se rapprochent aussi des résultats obtenus par Ouchmoukh *et al.* [20] pour des miels de la région de Bejaia au Nord de l'Algérie. Selon Philippe [41], la teneur en pollen influe sur la teneur en protéines, celle-ci varie sensiblement aux grands écarts entre les quantités de grains de pollens dans les miels, ce qui pourrait expliquer les teneurs plus ou moins élevées de nos résultats.

Les miels les plus aqueux sont ceux qui ont des valeurs d'acidité des lactones les plus élevées. Cortopassi-Laurino et Gelli [42] craignent la possibilité de fermentation des miels très riches en eau et par conséquent l'augmentation de l'acidité. Entre autre, les échantillons humides sont les moins denses et inversement, constat fut observé aussi par Ouchmoukh *et al.* [20]. Louveaux [19] préconise la mesure de la teneur en eau des miels par l'intermédiaire de la densité.

Le taux des cendres est très significativement corrélé avec la conductivité électrique, de ce fait la mesure de ce paramètre peut être remplacée par celui de la conductivité électrique [31]. Une corrélation négative a été notée entre l'indice diastasique et la teneur en HMF.

En étudiant la qualité de 66 échantillons de miels collectés dans différentes régions de l'Algérie, Makhloufi *et al.* [22] ont constaté une corrélation négative entre l'indice diastatique et la teneur en HMF. Un miel de bonne qualité doit présenter une haute activité diastatique avec une teneur faible en HMF [43]. Quand à cette dernière, elle est corrélée positivement à la conductivité électrique. Pour Gonnet *et al.* [35], aucune relation évidente n'apparaît entre l'affaiblissement du pouvoir diastatique et la teneur en eau ou l'acidité totale.

### 3. Activité antibactérienne

L'activité bactérienne constatée de nos échantillons fut aussi observé dans la littérature sur plusieurs souches testées, entre autre : *S. aureus*, *E. coli* et *P. aeruginosa* en considérant des miels d'*Apis mellifera* africanisée et d'abeilles sans aiguillon du Brésil [42].

Cette variabilité de la sensibilité des souches bactériennes aux miels testés est à rattacher à plusieurs facteurs. Une concentration élevée en sucres, des valeurs basses du pH et l'accumulation du bioxyde d'hydrogène sont à l'origine de l'activité bactérienne du miel [44]. Cette activité est attribuée beaucoup plus à la présence de bioxyde d'hydrogène [45]. Pour des miels iraniens, l'activité antibactérienne a été rattachée beaucoup plus à l'origine florale de ces derniers qu'à leur concentration en peroxyde d'hydrogène [46], confirmant ainsi d'autres études [47]. Enfin, il est à signaler que selon plusieurs auteurs, l'effet bactérien des miels est testé généralement sur la souche *S. aureus* [42 ; 44].

## CONCLUSION

L'objectif de l'étude était d'étudier l'effet de l'aridité du milieu steppique sur la qualité et l'activité antibactérienne du miel. Les résultats obtenus montrent que, globalement les miels provenant du sud de Djelfa sont plus ou moins riches et présentent des teneurs faiblement élevées comparativement à ceux du nord de la région, excepté pour les protéines ( $p < 0,01$ ) et que l'action inhibitrice des miels est influencée par l'origine géographique de ces derniers ; la souche *E. coli* est plus résistante aux miels du sud que ceux du nord de Djelfa ( $p < 0,01$ ). Entre autre, les corrélations entre les variables sont variables et se distinguent, d'un miel à l'autre. Au-delà des résultats obtenus, les miels de cette région sont conformes aux normes internationales et se prêtent bien à la conservation et au stockage.

De bonne qualité, l'effet de l'étage bioclimatique sur les propriétés et la composition du miel de la steppe mérite plus d'étude et d'investigation pour mettre en exergue les variations qu'en courent. D'autres facteurs, d'autres paramètres (en particulier le profil glucidique) valent plus d'intention pour une meilleure gestion durable d'un produit de haute valeur thérapeutique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Codex Alimentarius 2001** Commission Standards, Codex Standards for Honey, (1981/ revised 1987/revised 2001), FAO– Rome. pp. 1–7.
- [2]. **Donadieu Y. (1984)**. Le miel : thérapeutiques naturelles. Maloine. France.
- [3]. **Louveaux J. (1985)**. Les abeilles et leur élevage. Opida. France
- [4]. **Von Der Ohe W., Oddo L. P., Piana M. L., Morlot M., Martin P. (2004)**. Harmonized Methods of Melissopalynology. *Apidologie*. 35, S18- S25.
- [5]. **Chefrour A., Draiaia R., Tahar A., Ait Kaki Y., Bennadja S., Battesti M. J. (2009)**. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-east Algerian honeys. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. 9(5), 1276-1293
- [6]. **Draiaia R., Rezki A., Bennacer K., Chefrour E. (2014)**. Quality of Some Algerian Honey: Study of Botanical and Some Physicochemical Parameters. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 22 (9), 1363-1371.
- [7]. **Azzedine C., Battesti M. J., Yasmina A. K., Salima B., Ali T. (2007)**. Melissopalynologic and physicochemical analysis of some north-east Algerian honeys. *European Journal of Scientific Research*. 18, 389-401.
- [8]. **Mekious S., Houmani Z., Bruneau É., Masseaux C., Guillet A., Hance T. (2015)**. Caractérisation des miels produits dans la région steppique de Djelfa en Algérie. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 19(3), 219-229.
- [9]. **Hocine L., Rezzoug W., Moula Sara S. (2017)**. Physico-Chemical analysis and determining of toxic elements in honey produced in the region of Tiaret. *Advances in Environmental Biology*. 11(5), 110-114.
- [10]. **Nair S., Maghraoui N. B. (2017)**. Physicochemical properties of honeys produced in North-West of Algeria. *Advances in Food Science and Engineering*. 1(3), 123-128.
- [11]. **Latifa H., Bousdira M., Arezki M. (2013)**. *Ziziphus Lotus* and *Euphorbia bupleuroides* Algerian honeys. *World Applied Sciences Journal*. 24 (11), 1536-1543.
- [12]. **Mesbahi M. A., Ouahrani M. R., Rebiai A., Amara D. G., Chouikh A. (2018)**. Characterization of *Zygophyllum album L* Monofloral Honey from El-Oued, Algeria. *Current Nutrition & Food Science*. 14, 1-8.
- [13]. **Pouget M. (1977)**. Cartographie des zones arides, géomorphologie, pédologie, groupements végétaux, aptitude du milieu à la mise en valeur : région de Messad-Ain Elbel, D.E.M.R.H. OROSTOM, Note explicative n° : 67, 70p.
- [14]. **Benrebaha A. (1984)**. Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques : cas de la coopérative pastorale d'Ain Oussera (W. Djelfa). Mémoire de Magister, INA, Alger (Algérie), 160p.

- [15]. **Journal Officiel Français (1977)**. Arrêté du 15 février 1977 relatif aux méthodes officielles d'analyse du miel. 1-30.
- [16]. **Gonnet M. (1986)**. L'Analyse des miels. Description des quelques méthodes de contrôle de qualité. *Bulletin Technique Apicole*. 13(1), 17-36.
- [17]. **Bogdanov S., Ruoff K., Oddo L. P. (2004)**. Physicochemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*. 35, 4-17.
- [18]. **European Commission (2002)**. "Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey", *Official Journal of the European Communities* L10, 47-52.
- [19]. **Louveaux J. (1959)**. La technologie du miel (1). *Les Annales de l'Abeille*. 2(4), 343-354.
- [20]. **Ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P. (2007)**. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*. 18, 52-58.
- [21]. **Benaziza-Bouchema D., Schweitzer P. (2010)**. Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. *Cahier Agriculture*. 19(6), 432-438.
- [22]. **Makhloufi C., Kerkvliet J., D'albore G. R., Choukri A., Samar R. (2010)**. Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*. 41, 509-521.
- [23]. **Amri A. (2015)**. Contribution à l'étude approfondie de Quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Thèse doctorat, Université Baji Mokhtar, Annaba. 170p.
- [24]. **Terrab A., Diez M. J., Heredia M. J. (2003)**. Palynological, physicochemical and colour characterisation of Moroccan honeys. I. River red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnl.) honey. *International Journal of Food Science and Technology*. 38, 79-386.
- [25]. **Jilani I. B. H., Schweizer P., Khouja M. L., Zouaghi M., Ghrabi Z. (2008)**. Physicochemical spectra of honeys produced in Tunisia (Southwest of Kef). *Apiacta*. 43, 38-48.
- [26]. **Terrab A., Diez M. J., Heredia F. J. (2002)**. Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*. 79, 373-379.
- [27]. **Nanda V., Sarkar B. C., Sharma H. K., Bawa A. S. (2003)**. Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16, 613-619.
- [28]. **Echingo T., Takenaka T. (1974)**. Production of Organic Acids in Honey by Honey bees. *Journal of Agriculture and Chemistry Society, Japan*. 48, 225-230.
- [29]. **Zerrouk S. H., Fallico B. G., Arena E. N., Ballistreri G. F., Boughediri L. A. (2011)**. Quality Evaluation of Some Honey from the Central Region of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 4(4), 243-248.
- [30]. **Pita-Calvo C., Vazquez V. (2017)**. Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 59, 79-87.
- [31]. **Bogdanov S., Lüllmann C., Martin P., Von der Ohe W., Russmann H., Vorwohl G., Oddo L. P., Sabatini A. G., Marcazzan G. L., Piro R. et al. (1999)**. Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. *Bee World*. 80(2), 61-69.
- [32]. **Zerrouk S., Boughediri L., Seijo M. C., Fallico B., Arena E., Ballistreri G. (2013)**. Pollen spectrum and physicochemical attributes of sulla (*Hedysarum coronarium*) honeys of Médéa region (Algeria). *Albanian journal of agriculture and science*. 12 (3), 511-517.
- [33]. **Diez M. J., Andrés C., Terrab A. (2004)**. Physicochemical parameters and pollen analysis of Moroccan honeydew honeys. *International Journal of Food Science and Technology*. 39, 167-176.
- [34]. **Acquarone C., Buera P., Elizalde B. (2007)**. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry*. 101, 695-703.
- [35]. **Gonnet M., Lavie P., Louveaux J. (1964)**. La pasteurisation des miels. *Les Annales de l'Abeille*. 7 (2), 81-102.
- [36]. **White J. W. (1978)**. Honey. *Advances in Food Research*. 24, 287-374.
- [37]. **Gonnet M. (1963)**. L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. *Les Annales de l'Abeille*. 6 (1), 53-67.
- [38]. **Schade J. W., Marsh G. L., Eckert J. E. (1958)**. Diastase activity and hydroxyméthylfurfural in honey and their usefulness in detecting heat alteration. *Food Research*. 23, 446-463.
- [39]. **Ribeiro R. de O. R., Carneiro C. da S., Mársico E. T., Cunha F. L., Junior C. A. C., Mano S. B. (2012)**. Influence of the time/temperature binomial on the hydroxyméthylfurfural content of floral honeys subjected to heat treatment. *Ciência e agrotecnologia, Lavras*. 36 (2), 204 -209.
- [40]. **Mendes E., Brojo Proenca E., Ferreira I. M. P. L. V. O., Ferreira M. A. (1998)**. Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydrate Polymers*. 37, 219-223.
- [41]. **Philippe J. M. (2007)**. Le guide de l'apiculteur. Edisud, la calade, France.
- [42]. **Cortopassi-Laurino M., Gelli D. S. (1991)**. Analyse pollinique, propriétés physico- chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et de Méliponinés du Brésil. *Apidologie*. 22, 61-73.
- [43]. **Al-Farsi M., Al-Belushi S., Al-Amri A., Al-Hadhrani A., Al-Rusheidi M., Al-Alawi A. (2018)**. Quality evaluation of Omani honey. *Food Chemistry*. 262, 162-167.
- [44]. **Yatsunami K., Echigo T. (1984)**. Antibacterial action of honey and royal jelly. *Honeybee Science*. 5, 125-130.
- [45]. **White J. W. Jr., Subers M. H. (1963)**. Studies on honey inhibine. 2. A chemical assay. *Journal of Apicultural Research*. 2, 93-100.
- [46]. **Shahin M., Rajabi M. D. (1993)**. Peroxide and non-peroxide antibacterial activity in some Iranian honeys. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*. 7(3), 193-197.
- [47]. **Molan P. C., Russel K. M. (1988)**. Non-Peroxide antibacterial activity in some New Zealand honeys. *Journal of Apicultural Research*. 27(1), 62-67.