

Directeur de la revue: Pr. HALILAT Mohamed Taher
(Recteur de l'Université de Ouargla)
Directeur de la publication: Pr. KEMASSI Abdellah
Directeur scientifique de la publication: Pr. BISSATI Samia
Rédacteur en chef: Pr. OULD EL HADJ Mohamed Didi

P-ISSN 2170-1318/ E-ISSN 2588-1949

ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION

Algerian Journal of Arid Environment

Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides

Faculté des sciences de la nature et de la vie

BP 511, Université Kasdi Merbah-Ouargla

30000 Ouargla, Algérie

Tél.: (+213) 29 71 65 71/29 71 56 89 Fax.: (+213) 29 71 56 89

Web: www.ouargla-univ.dz E-mail: ecosys.infos@yahoo.fr

URL: <https://journals.univ-ouargla.dz/index.php/AJAE/navigationMenu/view/Home>
DOI: S10.12816/0008911; <http://www.crossref.org/missingmd?datatype=j&prefix=10.12816>



**Université Kasdi Merbah-Ouargla
(Algérie)**

Algerian Journal of Arid Environment

**Revue des Sciences de la nature et de la vie
Editée par l'Université Kasdi Merbah-Ouargla (Algérie)**

*Laboratoire de Protection des Ecosystèmes
en Zones Arides et Semi Arides (Ecosys)*

**P-ISSN 2170-1318
E-ISSN 2588-1949**

Directeur de la revue: Pr. HALILAT Mohamed Taher
(Recteur de l'Université de Ouargla)
Directeur de la publication: Pr. KEMASSI Abdellah
Directeur scientifique de la publication: Pr. BISSATI Samia
Rédacteur en chef: Pr. OULD EL HADJ Mohamed Didi



ALGERIAN JOURNAL OF ARID ENVIRONMENT

REVUE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
LABORATOIRE DE PROTECTION DES ECOSYSTEMES EN ZONES ARIDES ET SEMI ARIDES
UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA
P-ISSN 2170-1318/ E-ISSN 2588-1949



Directeur de la revue Pr. HALILAT Mohamed Taher	ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION <i>Algerian Journal of Arid Environment</i> Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides Faculté des sciences de la nature et de la vie BP 511, Université Kasdi Merbah-Ouargla 30000 Ouargla, Algérie Tél.: (+213) 29 71 65 71/29 71 56 89 Fax.: (+213) 29 71 56 89 Web: www.ouargla-univ.dz E-mail: ecosys.infos@yahoo.fr
Directeur de la publication Pr. KEMASSI Abdellah Directeur scientifique de la publication Pr. BISSATI Samia Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi Comité de rédaction - Dr HADJADJ Soumia - Dr KORICHI Raouf - Dr TELLI Alia - BELDI Nadia	Instructions aux auteurs 1.- Les articles peuvent être rédigés dans deux langues (arabe, français ou anglais). Ils doivent subir deux expertises, à la fois scientifique et linguistique, avant acceptation. 2.- Le nombre total de pages de l'article dépend de sa nature: Originale (15 pages), synthèse (8 pages) et étude de cas (6 pages). Les articles doivent présenter des résultats non publiés, et ceux de synthèse et d'étude de cas doivent être synthétiques sans illustrations. 3.- Leurs soumissions doivent parvenir à l'adresse électronique en format TNR pour le texte et JPG pour les illustrations. 4.- L'auteur correspondant recevra après expertise et acceptation un tiré à part sous format PDF et un exemplaire de revue gratuitement. 5.- Pour permettre une pérennité et une large diffusion à la revue un abonnement sera proposé sur le site de l'université et dans la revue aux particuliers, institutions et étudiants avec des tarifs étudiés selon la catégorie et la destination. 6.- Le texte doit être en forme TNR taille 12 avec numérotation des lignes. Le titre de l'article en langue de rédaction et en anglais de forme TNR taille 14 gras, est suivi des nom et prénom des auteurs en forme TNR taille 12 avec adresses et Email en forme TNR taille 11, avec un astérisque sur l'auteur correspondant. 7.- Les résumés doivent être rédigés en langue de rédaction, en arabe ou anglais, de forme TNR taille 10, italique. Ils doivent comporter cinq mots clés au maximum. 8.- Les illustrations légendées ne doivent pas dépasser cinq illustrations avec mention dans le texte et numérotées en chiffres arabes (figure, photo 1, 2, etc.) et chiffres romains (tableau I, II, etc.). 9.- Les références bibliographiques ne doivent pas être sélectives d'articles de revues, de livre et d'article de livres seulement. Ils seront classés par leur ordre d'apparition dans le texte et appelées dans ce dernier par leur numéro placé entre crochets: - Exemple de revue: Maduakor H., 1991 - Efficient fertilizer. Fertilizer Research, 29: 65-79. - Exemple de livre: Steel R., Torrie J., 1960 - Principles and procedures. Mcgraw-Hill, London, 433 p. - Exemple d'article de livre: Tal M. Selection for stress tolerance. In: Evans D.A., Shap N.R., Ammirato P.V., eds. Handbook for plant cell culture. New York: Macmillan, 1992: 101-112.
Comité scientifique Pr. COTE M., France Pr. MICHAUD P., France Pr. TRAORE S. A., Burkina Faso Pr. TOUCHAN R., USA Pr. ESNAULT M. A., France Dr PIERRE G., France Pr. FENORADOSOA A., Madagascar Dr SANON S., Burkina Faso Pr. DADDI BOUHOUN M., Algérie Pr. KEMASSI A., Algérie Pr. EL MODAFAR C., Maroc Pr. M'SADAK Y., Tunisie Pr. DUSSAP C. G., France Pr. EL ALAOU TALBI Z., Maroc Pr. BOURAS N., Algérie Pr. BOUAL Z., Algérie Pr. SOLTANI N., Algérie Pr. ABDELKAFI S., Tunisie Pr. DOUMANDJI S., Algérie Pr. RABILLER C., France Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie Pr. BENALAOUA S., Algérie Pr. BOTTON B., France Pr. O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie Pr. THAPON J. L., France Pr. BOUCHEKIMA B., Algérie Pr. SENOSSI A., Algérie	Les thèmes des articles publiés dans <i>Algerian Journal of Arid Environment</i> concernent tout ce qui touche au développement et à la gestion durable de l'environnement des régions arides et semi arides de la planète. Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi

Algerian Journal of Arid Environment

“AJAE”

vol. 12, n°1 - 2022

Sommaire

- Phytochemicals content, ICP-OES metals determination and protective effect of consumption of dates robe on anemia disease risk in healthy women**
DEROUICHE Samir*, CHETEHOUNA Sara, ATOUSSI Ouidad, GUEMARI Imane Yousra 4
- Dynamique spatio-temporelle du couvert végétal en zone semi-aride: forêt de djebel Boutaleb (Algérie)**
BOUCHELOUCHE Asma*, HANI Meriem, LEBAZDA Rafika 15
- The inequality in purchasing behaviours for sheepmeat in the Tiaret region (Algeria)**
HADJER Azizi*, ATCHEMDI KOMI Apedo 28
- Identification et caractérisation biochimique des Artemia du milieu saharien: cas de la région de Ouargla**
HIDOUCI Sabrina, GHOMARI Sidi Mohammed, MAAMRI Ibtihaï et OTHMANI Imane 38
- Influence de l'environnement sur la qualité des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional est algérien)**
HAMDI Wassila*, TOUIL Youcef et OULD EL HADJ Mohamed Didi 53
- Recherche *in silico* des protéines associées à la tolérance aux métaux lourds chez la plante halophile du genre *Atriplex***
AMOURI Adel Amar, CHERIF HADRIA Wafaa et BELKHODJA Moulay 71
- Effet insecticide et anticholinestérase de l'extrait aqueux foliaire de l'ortie *Urtica dioica* L. (Urticaceae) sur les larves L₄ du *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae)**
HAMID OUDJANA Aicha^{2*}, ZEGOUBA Bouchra, LAHLAH Bachira, KEMASSI Abdellah et OULD EL HADJ Mohamed Didi 87
- Study the effect of sun and microwave drying on quality of camel meat (*Camelus dromedarius*) slices**
RAHMANI Youcef and KHAMA Réda 98
- Apport des outils géospatiales à l'étude de la dynamique spatio-temporelle de la forêt d'Aït Bouzid (Haut Atlas Central, Maroc)**
HILI Aïman*, JAA Farid¹, REDDAD Hanane et BOUSSENA Ayoub 108
- Effet hépato-protecteur d'extraits bruts de polysaccharides de feuilles d'*Oudneya africana* R. Br. (Brassicaceae) sur l'inflammation aiguë induite par l'acetate de plomb chez des rats *Wistar albino***
MEHELLOU Zineb*, YOUMBAI Asma, BOUAL Zakaria, GARDARIN Christine, PIERRE Guillaume, DELATTRE Cédric, MICHAUD Philippe, OULD EL-HADJ Med Didi 120

PHYTOCHEMICALS CONTENT, ICP-OES METALS DETERMINATION AND PROTECTIVE EFFECT OF CONSUMPTION OF DATES ROBE ON ANEMIA DISEASE RISK IN HEALTHY WOMEN

DEROUICHE Samir^{1,2*}, CHETEHOUNA Sara¹, ATOUSSI Ouidad¹, GUEMARI Imane Yousra¹

⁽¹⁾Department of Cellular and Molecular Biology, Faculty of Natural Sciences and Life, University of El Oued, 39000 El-Oued, Algeria

⁽²⁾Laboratory of Biodiversity and Application of Biotechnology in the Agricultural Field, University of El Oued, 39000 El-Oued, Algeria

E-mail: dersamebio@gmail.com

(Received 09 February 2022- Accepted 13 May 2022)

Abstract.- The robe is made from the date palm fruit for the use in nutritional and medicinal fields. The main aim of this investigation was to identify the phytochemical and mineral contents in two varieties of date "Robe" Ghars and Tekrmist (Tantbocht) of Algerian Phoenix dactylifera L. and to evaluate the effect of consumption of dates robe on anemia disease risk in healthy women. The amount of all metals was determined by ICP-OES technique. Qualitative and quantitative analysis of phytochemical compounds were estimated by using standard protocols. Two groups of 20 volunteers healthy women in each one were chosen to eat 8g of robe Ghars and Tekrmist (Robe) twice a day during 15 days. Some biochemical and hematological parameters were measured. The qualitative and quantitative results of phytochemical analysis revealed that Robe of Ghars and Tekrmist rich by reducing compounds, flavonoids, terpenoids, saponins and tannins, however they are characterized by the absence of alkaloids, in addition the both dates robe contain an important quantity of total sugar. Results indicated that Robe of the both varieties was considered as the principal source of essential elements (Ca, Na, K, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn). The consumption of dates robe Ghars and Tekrmist during 15 days led to significant increase in serum folate, cobalamin and ferritin, and no significant change in the other parameters. We concluded that dates robe " Robe" of Ghars and Tekrmist varieties of Phoenix dactylifera L. contains important nutritive and bioactive compounds may have significant potential for to protecting against various diseases including anemia disease.

Key words: Robe; Ghars; Tekrmist; phytochemical compounds; ICP-OES technique; Anemia.

CONTENU PHYTOCHIMIQUES, DETERMINATION DES METAUX PAR ICP- OES ET EFFET PROTECTEUR DE LA CONSOMMATION DE ROBE DE DATTES SUR LE RISQUE D'ANEMIE CHEZ DES FEMMES SAINES

Résumé.- Le robe est fabriquée à partir des dattes pour être utilisé dans le domaine nutritionnel et médicinale. L'objectif de cette étude était d'identifier la teneur phytochimique et minérale de deux variétés Algériennes de Robe de dattes (Phoenix dactylifera L) Ghars et Tekrmist (Tantbocht) et d'évaluer l'effet protecteur de la consommation de robe de dattes sur le risque d'anémie chez des femmes saines. La teneur en métaux a été déterminée par la technique ICP-OES. L'analyse qualitative et quantitative des composés phytochimiques a été estimée en utilisant des protocoles standards. Deux groupes de femmes volontaires sains dans chacun 20 femmes ont été choisis pour consommer 8g de robe de Ghars et Tekrmist deux fois par jour pendant 15 jours. Certains paramètres biochimiques et hématologiques ont été mesurés. Les résultats de l'analyse phytochimique qualitatives et quantitatives ont révélé que la Robe de Ghars et de Tekrmist sont riche en composés réducteurs, flavonoïdes, terpénoïdes, saponines et tanins, avec l'absence d'alcaloïdes, de plus les deux robe de dattes contiennent une quantité importante de sucre totaux. Les résultats ont indiqué que le robe des deux variétés était considérée comme importantes source des éléments essentiels (Ca, Na, K, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn). La consommation de robe de dattes Ghars et Tekrmist pendant 15 jours a entraîné une augmentation significative du folate, du cobalamine et de la ferritine sériques, et aucun changement significatif des autres paramètres. Nous avons conclu que le robe de dattes (Phoenix dactylifera L.) de variétés Ghars et Tekrmist

contient d'importants composés nutritifs et bioactifs pouvant avoir un potentiel protection contre diverses maladies, y compris l'anémie chez les femmes.

Mots clés : Robe; Ghars; Tekrmiste; composés phytochimiques; technique ICP-OES; anémie.

Introduction

To obtain food and medicine, the human societies have used components of the environment through their strong contact with the environment, since the beginning of their formation [1]. Many of recent landmarks in scientific research have shown that in human beings, oxidative stress is an important factor causing metabolic and physiological alterations and various diseases in the body [2]. Phytotherapy science uses the medicinal plants and herbal products for prevention and treatment of different diseases [3]. the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) is among the most important desert flora. Dates support the health of desert-oasis ecosystems as well as having important nutritional, economic, social, and historical values [4]. The date palm is one of the most available fruits in the world [5]. Since old times, its crop was important in the arid and semiarid regions [6]. Date fruits include many nutrients such dietary fiber, sugar and other minerals (phosphorus, calcium, potassium...) which makes the dates nutritionally more important for humans [7]. The date palm is also a multi-purpose plant [8]. It has a therapeutic and nutritional importance with significant anti-proliferative, antioxidant, antifungal and antibacterial properties [9]. These effects have been demonstrated to result from various active components, including alkaloids, fatty acids, flavonoids, polysaccharides, and terpenoids [10]. There are many date products, including date robe [11], which is used locally in many nutritional and therapeutic uses. The objective of this study is the characterization of phytochemical and minerals in dates "Robe" of two varieties Ghars and Tekrmist of *Phoenix dactylifera* L., also, to affirm the traditional use of robe to prevent anemia disease based on its phytochemical composition.

1.- Material and methods

1.1.- Chemicals and reagents

All of the chemicals and reagents were analytical grade and provided from Merck, 134 (Darmstadt, Germany). In this research study, we employed deionized water and nitric acid 135 (65%), with spectroscopic grade, given by Merck (Darmstadt, Germany).

1.2.- Preparation of Robe

The fruits that we used in the preparation of the robe are the Ghars and the Tekrmist, which we picked at the end of the ripening stage from the El-Oued region, southeast of Algeria. The robe was prepared from the dates of Ghars and Tekrmist by taking 50g of washed dates and cooking with 100ml of water within 30 minutes at 70°C. Then, this mixture was filtered with a Josef paper after letting it cool to get the juice which simmered at 100°C for 2 hours until obtaining the robe of dates.

1.3.- Phytochemical analysis

The phytochemical screening of Robe for identifying the phytochemical compounds present in it was made according to stander protocols [12]. The estimation of total phenol

was determined by the Folin-Ciocalteu method [13]. The method described by Ahn et al. was used for the determination of the total flavonoid content [14]. Determination of sugars and related substances were performed a colorimetric method as described by DUBOIS *et al.* (1956) [15].

1.4.- Metals quantification method

1.4.1.- ICP-OES method

The optical emission spectrometer SPECTRO ARCOS (SPECTRO Analytical Instruments, Kleve, Germany) with axial plasma observation was employed for the metallic elements measurements. The instrument features a spectrometer mount Paschen-Runge, whose working principle is based on the Rowland perfect circuit alignment (ORCA) technique. The device consists of two hollow sections, an optimized compact size, and 32 linear charge coupled device detectors (CCDs), the wavelength range between 130 and 770 nm which can be measured together at the same time, allowing the capture of complete spectrum within 2 seconds.. Due to unique system of reprocessing capabilities, it's necessary to not require new measurement even if additional lines or elements are to be identified at a later date. The optic is closed hermetically and loaded with argon and continuously circulated by a filter, which absorbs vapor, water, oxygen and other species. In the vacuum ultraviolet (VUV), high optical transmission is achieved, allowing the identification of nonmetals as well as the use of distinguished and interferences-free lines in this region. Employing Intelligent Calibration Logic (ICAL), which regulate the wavelength scale, the situation of the optical system is controlled automatically.

1.4.2.- Calibration standards

For calibration, commercially available standard solutions were used. The quality control of the method was performed using NIST standard reference material (SRM) 1640, "Trace Elements in Natural Water." All solutions were prepared with nitric acid, suprapure quality.

1.5.- Study design

A sample of 20 volunteer women aged 20 to 24 years old, residing in the El Oued region located in the southeast of Algeria was randomly distributed equally between two groups (fig. 1). Each group consumed 8g (4 g every 12 hours) of either the Gars robe dates or Tekermist robe dates every day (half an hour before any meal) during the 2-week study period.

Contact information was received for 28 women initially interested in participating in the study. After we lost contact with each other (2 cases) and others not interested to participate (6 women), the number reached 20 women who were enrolled in the study. To eliminate the factors which might affect biochemical and hematological parameters, we excluded all diabetics, anemia and other chronic diseases subjects.

For each volunteer in this study, we recorded his information related to age, height, weight and blood pressure. We also calculated the Body Mass index (BMI) according to the following method: $BMI = \text{weight (kg)} / (\text{height m})^2$.

The research protocol was approved by the department of cellular and molecular biology, El Oued University Ethics Committee (approval number: 23 EC/DCMB/FNSL/EU2021).

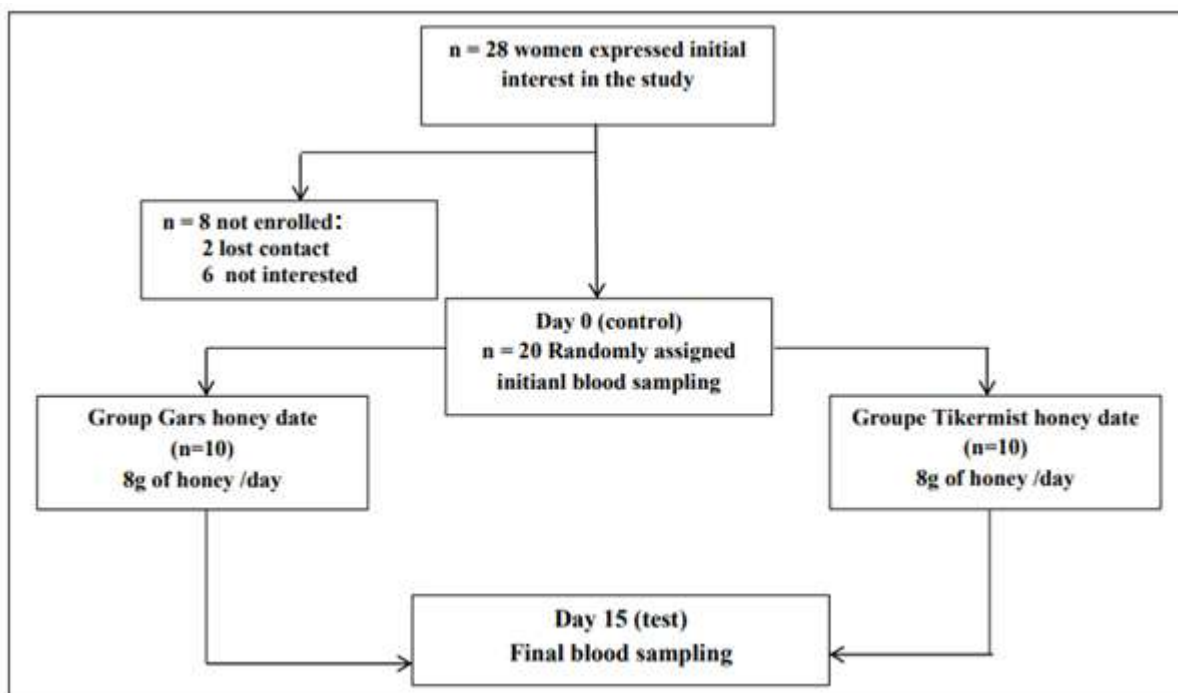


Figure 1.- Flowchart of subject recruitment, enrollment, and retention from women

1.6.- Samples collection, Blood biochemical and hematological analysis

Fasting blood samples were collected and placed into EDTA and heparin containing tubes. Blood was transferred into EDTA tubes for hematological studies and the serum were obtained after centrifugation of blood in heparin tubes at $3000 \times g$ for 5 min, removed and retained for assay of the level of glucose and biochemical parameters.

Hematological analysis (FNS) was performed by the hematology autoanalyzer (Abacus 380). Serum electrolyte levels (Fe^{3+} and Ca^{2+}) and blood glucose, uric acid concentrations were measured using commercial kits (Biomagreb, Tunisia). Ferritin, folate and cobalamin were measured by the autoanalyzer (Maglumi 1000) and using commercial kits (Spinreact Lab).

1.7.- Statistical analysis

The reported data are the means of measurements and their standard error of mean (SEM) values. The results of cases were compared by student test using MINITAB software version 13, differences were considered statistically significant at the 5% level.

2.- Results and discussion

2.1.- Clinical characteristic of volunteers

The general data characteristics of the two groups of subjects include age, Body Weight, Body Mass index (BMI) and blood pressure levels. These indicators do not have any statistically significant ($P > 0.05$) in two group studies as shown in table I.

Table I. - Characteristic of volunteers

Parameters	Robe Ghars (n=10)	Robe Tekrmist (n=10)	P-value
Age (ys)	23.10±1.47	21.11±0.84	0.182
Body Weight (kg)	63.06±3.63	66.48±3.52	0.092
Body Mass index	25.32±0.38	25.33±0.43	0.252
Systolic blood pressure (mmHg)	108.85±2.7	109.68±3.4	0.637
Diastolic blood pressure (mmHg)	68.81±4.7	78.42±2.6	0.053

2.2.- Qualitative and quantitative phytochemical analysis

In this study, we detected the presence of various phytochemical compounds (flavonoids, terpenoids, reducing sugar compounds and saponins) in the both types of robe dates studied as presented in table II. However, these two types of robe poor in alkaloids. The tannins are present only in robe prepared from Ghars date. These results were probably similar to that find by GAYATHRI and THILAGAVATHI (2021) [16], who informed that two unripe Indian varieties of dates of *Phoenix dactylifera* namely Barhi and Khenazi possess the different phytochemicals specially in aqueous and methanolic extracts. ECHEGARAY *et al.* (2021) [17], demonstrated the potential healthy properties of date fruit through their richness in bioactive compounds which make that appropriate to use as essential nutraceutical ingredients in several foodstuffs.

Table II.- Phytochemical analysis of robe dates Ghars and Tekrmist
(+: Presence, -: Absence)

Phytochemical	Robe (Ghars)	Robe (Tekrmist)
Flavonoids	+	++
Tannins	+++	-
Alkaloids	-	-
Terpenoids	+	++
Saponins	++	++
Reducing sugar compounds	+	++

The results of quantitative phytochemical analysis were presented in table III. The total phenol contents in dates robe Ghars and Tekrmist vary from 206 to 281 mg EGA/100g of Robe, this range may be considered include in the range from 209 to 448 mg GAE/100 g of fresh weight in date cultivars consumed in Tunisia [18]. The total flavonoid contents in robe Ghars and Tekrmist ranged between 215 and 258 mg EQer/ 100g of Robe, these results confirmed by study of ALAHYANE *et al.* (2019) [19], 2019 which demonstrated that content of total flavonoids in seventeen Moroccan varieties and clones of dates varies between 1.79 and 216.12 mg EQer/ 100 g of dry material. The robe Ghars and Tekrmist are a considerable source of bioactive molecules which can contribute to the antioxidant potential, provide health promoting, disease preventing effects and can reduce the risk of diseases due to oxidative stress [20,21]. The quantification of total sugar demonstrated that two varieties were very rich in sugar more than 4620 mg EGlu/100g of dry material as presented in a previous study of Assirey [22], who informed that total sugar in 10 of date palm fruit cultivars grown in Saudi Arabia changed between 71.2-81.4 mg EGlu / 100 g of dry material.

Table III. - Total phenol, flavonoid and total sugars contents in dates robe (Robe) Gars and Tekrmist

Samples	Total phenols (mg EGA/ 100 g)	Flavonoids (mg EQer/ 100 g)	Total Sugars (mg EGlu/100g)
Robe (Ghars)	206±20.2	215±4.38	4621 ± 57.13
Robe (Tekrmist)	281±4.15	258±15.06	4675±111.6

2.3.- Meniral contents

Table IV showed the essential elements present in robe Ghars and Tekermist and detected by ICP-OEM analysis with different concentrations, when the majors were calcium, sodium, potassium and magnesium, while the trace elements were iron, zinc, copper, manganese, cobalt, chrome, lithium, bore and bismuth, Where we found that the quantities of both calcium and sodium are greater in robe Ghars compared to Tekermist, while we found the opposite for potassium and magnesium. Also, robe Ghars contains much larger quantities of essential trace-elements than robe Tekermist, as well as for most of the non-essential trace elements. FARID *et al.* (2020) [23] reported that most of the previously mentioned elements such as calcium, magnesium, copper, zinc, manganese, iron, sodium and potassium were detected in Egyptian Phoenix dactylifera fruits. Potassium and phosphorous are impart strength for human cell regeneration, while magnesium and calcium are essential for healthy development of bones, also the Iron is very important for the production of blood and tissue respiration [24]. In general, the presence of these essential elements, robe Ghars and Tikrmest may be considered as healthy diet and rich source of essential minerals and play a critical role in the development of the human immune system.

Table IV.-Concentration of major, essential and non-essential elements in robe Ghars and Tekermist

	Elements	Robe Ghars	Robe Tekrmist
Major elements (µg/g)	Calcium	73.9±0.2	2.8±0.05
	Sodium	55.01±0.23	0.6±0.006
	Potassium	0.12±0.003	4.3±0.06
	Magnesium	0.27±0.001	4.01±0.007
Essentials trace elements (ng/g)	Iron	976.5±19.2	223.6±4.36
	Zinc	530±19.4	173.2±19.19
	Copper	96.51±11.4	9.51±0.91
	Manganese	201.7±12.2	0.447±0.0035
	Cobalt	2.79±0.14	0.36±0.0025
	Chrome	17.41±1.21	4.67±0.57
	Lithium	130.8±20.7	0.38±0.005
	Bore	523.8±22.7	2.93±0.024
	Bismuth	402±2.83	0.31±0.0024
Non essentials trace elements (ng/g)	Baryum	41.73±1.2	0.339±0.0035
	Aluminium	95.4±3.57	16.47±0.54
	Strontium	2.05±0.21	0.912±0.002
	Lead	134.9±12.5	84.39±7.002

Cadmium	2.055±0.12	5.46±0.006
Gallium	3.66±0.12	2.37±0.0054
Silver	2.51±0.01	0.47±0.07
Indium	18.17±1.7	4.11±0.29
Nickel	13.2±0.01	9.45±0.08

2.4.- Biochemical parameters

Table V presented the consumption effect of robe dates of Ghars and Tekrmist on levels of biochemical biomarkers, when we observed a significant increase in levels of serum calcium, ferritin, folic acid and cobalamin, were observed after 15 days of consumption of robe Ghars. However, the consumption of robe Tekrmist leads to a significant increase in uric acid levels after 15 days. The effect of both Ghars and Tekrmist to lower the level of blood glucose may be related to anti-diabetic impact of bioactive compounds such as flavonoids, saponins and phenol present in *Phoenix dactylifera* extract, this in agreement with study of MIMOUNI *et al.* (2022) [25] which indicated that the date syrup makes it possible to classify it among the products with a low glycemic index likely to be intended for diabetics and the obese. while, the mechanism of action of dates in the control of diabetes is not fully understood, but it could be due to the increase of insulin production and inhibition of glucose absorption [26]. A significant increase in serum calcium level can be interrupted by the presence of high amount of calcium element in robe Ghars 73.9±0.2 µg/g of Robe which confirmed by the ICP-OEM analysis. also another study of MOHAMMADZAI *et al.* (2010) [27], who found a high amount of calcium were up to 84.40±0.9 µg/g of date palm fruit available in Pakistan. The variation in levels of folic acid and cobalamin in the serum after consumption of each of robe Ghars and Tekrmist may be reflected to their containing on both vitamins as what reported by Aslam *et al.* [28], that quantified water soluble vitamins in dates may be varied between the cultivars also between their developing stages. ABDEEN (2018) [29], informed that vitamins B2, B9, B12 were detected in immature dates inverse to vitamins B1, B3, B5, B6 which were determined in mature stages with high amount. The synthesis of ferritin is mainly regulated by the iron level [30], this last is present in the robe Ghars (976.5±19.2 ng/g) which detected by ICP-OEM analysis, also other study confirmed the containing of iron in the date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.) [31]. The antioxidant activity of phenolics and flavonoids compounds present in almost of dates palm fruit varieties plays an important role in scavenging free radicals [32] what led to rise in serum uric acid level and made it unused despite being a major antioxidant in the human plasma [33]. According to the ANOVA test, we observed a non-significant change between consumption of each two varieties Ghars and Tekrmist in the all parameters with exception the ferritin level which confirm the convergence of their therapeutic effect in the body (P =0.038).

Table V. - Effect of consumption of robe Ghars and Tekrmist on biochemical parameters in healthy women

	Robe Ghars		Robe Tekrmist		ANOVA Significant	
	Control (Day 0)	Test (Day 15th)	Control (Day 0)	Test (Day 15th)	Day 0	Day 15th
Blood glucose (g/l)	0.87 ± 0.029	0.83 ± 0.01 ^a	0.90 ± 0.01	0.82 ± 0.02 ^c	P > 0.05	P > 0.05
Serum calcium (mg/l)	89.21 ± 2.43	94.19 ± 2.12 ^b	94.62 ± 1.71	90.03 ± 1.76 ^c	P > 0.05	P > 0.05

Uric acid (mg/l)	34.48 ± 2.34	35.84 ± 1.53 _{NS}	31.54 ± 1.42	36.07 ± 1.08 ^a	P > 0.05	P > 0.05
Ferritin (ng/l)	11.78 ± 1.03	21.93 ± 4.63 ^a	13.43 ± 1.28	15.06 ± 1.90 ^{NS}	P > 0.05	P < 0.05
Folic acid B9 (ng/l)	13.32 ± 0.51	14.84 ± 0.56 ^a	12.76 ± 2.70	12.53 ± 1.79 _{NS}	P > 0.05	P > 0.05
Cobalamin B12 (pg/l)	262.7 ± 12.60	352.1 ± 22.1 ^b	243.7 ± 69.3	355.8 ± 14.2 ^c	P > 0.05	P > 0.05

Letters at the top of the values in the same row represent significant differences between each parameter determined in test women compared to the corresponding one in control women (p < 0.05). Differences were tested using student test.

2.5.- Hematological parameters

A decrease in RBC and hemoglobin necessarily leads to anemia disease [34] but from table VI, the consumption of dates robe of the two varieties Ghars and Tekrmist did not lead to significant variation the hematological parameters, while the robe Ghars gave a significant decrease on the number of white blood cells (WBC) and lymphocyte (LYM) in healthy women during 15 days, this effect may have linked to immunomodulatory and anti-inflammatory impacts of date palm fruit (*P. dactylifera*) [35]. Another explanation may be responsible for these effects is a richness of Ghars in bioactive substances such as tannins, flavonoids, terpenes and sugars, as demonstrated in the phytochemical analysis, which possess various biological properties related to antioxidant and anti-inflammatory mechanisms by targeting reactive oxygen species [36]. According to the ANOVA test, we observed a non-significant change between consumption of each of the two varieties Ghars and Tekrmist in the all parameters with exception the immunological lines which confirm the convergence of their therapeutic effect in the body (P 0.013 For WBC and P =0.006 For LYM).

Table VI. - Effect of consumption of robe Ghars and Tekrmist on hematological parameters in healthy women

	Robe Ghars		Robe Tekrmist		ANOVA Significant	
	Control (Day 0)	Test (Day 15th)	Control (Day 0)	Test (Day 15th)	Day 0	Day 15th
WBC (x10⁹/l)	6,74 ± 2,40	4,90 ± 1,07 ^c	5,86 ± 2,10	6,127 ± 2,32 ^{NS}	P > 0.05	P < 0.05
LYM (10⁹/l)	2,16 ± 0,66	1,796 ± 0,36 ^c	2,12 ± 0,51	2,26 ± 0,50 ^{NS}	P > 0.05	P < 0.05
RBC (x10¹²/l)	4,63 ± 0,65	4,578 ± 0,33 ^{NS}	4,57 ± 0,32	4,21 ± 0,90 ^{NS}	P > 0.05	P > 0.05
HB (g/dl)	12,39 ± 1,25	12,10 ± 2,98 ^{NS}	12,45 ± 1,58	11,16 ± 3,23 ^{NS}	P > 0.05	P > 0.05
HT (%)	37,96 ± 3,69	38,95 ± 2,92 ^{NS}	38,54 ± 3,91	34,45 ± 9,38 ^{NS}	P > 0.05	P > 0.05
PLT (x10⁹/l)	260,2 ± 98,0	252,6 ± 81 ^{NS}	258,20 ± 40,29	243,3 ± 43,81 ^{NS}	P > 0.05	P > 0.05

Letters at the top of the values in the same row represent significant differences between each parameter determined in test women compared to the corresponding one in control women (p < 0.05). Differences were tested using student test.

Conclusion

We conclude that dates robe " Robe" of both varieties Ghars and Tekrmist (Tantbocht) of *Phoenix dactylifera* L. are rich in different bioactive phyto-compounds (flavonoids, terpenoids, reducing sugar compounds and saponins) and essential mineral

elements (calcium, sodium, potassium, magnesium, iron, zinc, copper, manganese, cobalt and chrome) which give it a nutritional and medicinal importance through their beneficial effects on the various hematological and biochemical parameters in healthy women.

Acknowledgements: The authors thank the members of the Atomic Spectrophotometers Laboratory, Faculty of Chemistry, and UiTM University- Malaysia for providing research facilities to carry out present work. This work was supported by the research project D01N01UN390120190001 funded by the ministry of higher education, Algeria and by Directorate general for Scientific Research and Technological Development.

References

- [1].- Jamshidi-Kia F., Lorigooini Z., Amini-Khoei H., 2018.- Medicinal plants: past history and future perspective. *J. HerbMed Pharmacol*, 7(1): 1-7.
- [2].- Chetehouna S., Atoussi O., Boulaares I., Guemari I.Y., Derouiche S., 2020.- The effect of Chronic Tobacco smoking on Atherogenic index and Cardiovascular diseases risk in El-Oued (Algeria) men; *Asian J. Research Chem*. 13(6): 1-6.
- [3].- Miraldi E., Bains G., 2018.- Medicinal plants and health in human history: from empirical use to modern phytotherapy. *J Siena Acad Sci*. 10(1): 7-12.
- [4].- Al-Muaini A., Green S., Abou Dahr W. A., Kennedy L., Kemp P., Dawoud M., 2019.- Clothier B. Water use and irrigation requirements for date palms on commercial farms in the hyper-arid United Arab Emirates. *Agricultural Water Management*, 223: 105 -132.
- [5].- Ghnimi S., Umer S., Karim A., Kamal-Eldin A., 2017.- Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization; *NFS J*. 6:1-10.
- [6].- Ishurd O., Kennedy J. F., 2005.- The anti-cancer activity of polysaccharide prepared from libyan dates (*phoenix dactylifera* L.). *Carbohydr Polym*. 59(4): 531-535.
- [7].- Nadeem M., Qureshi T. M., Ugulu I., Nadeem-Riaz M., Ulain Q., Iqbal-Khan Z., Ahmad k., Ashfaq A., Bashir H., Dogan Y., 2019.- Mineral, vitamin and phenolic contents and sugar profiles of some prominent date palm (*Phoenix dactylifera*) varieties of pakistan. *Pak J Bot*. 51(1):171-178.
- [8].- Zango O., Rey H., Bakasso Y., Lecoustre R., Aberlenc F., Pintau J. C., 2016.- Local practices and knowledge associated with date palm cultivation in southeastern niger. *J Agric Sci*. 7: 586-603.
- [9].- Al-Alawi R. A., 2017.- Al-Mashiqri J.H., Al-Nadabi J.S.M., Al-Shihi B.I., Baqi Y. Date palm tree (*Phoenix dactylifera* l.): natural products and therapeutic options. *Front Plant Sci*. 8:845.
- [10].- Chetehouna S., Atoussi O., Derouiche S., 2020.- Biological Activity and Toxicological Profile of Zinc Oxide Nanoparticles Synthesized by *Portulaca oleracea* (L) Leaves Extract; *Adv Nanomed Nanotechnol Res*. 2(2): 125-133.

- [11].- Eteraf-Oskouei T, Najafi M., 2013.- Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. Iran J Basic Med Sci., 16(6):731-42. PMID: 23997898; PMCID: PMC3758027.
- [12].- Mamta A., Parminder K., 2013.- Phytochemical screening of orange peel and pulp; Int J Eng Res Technol., 2: 517-522.
- [13].- Slinkard K., Singleton V. L., 2007.- Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. Am J Enol Vitic.; 28: 49-55.
- [14].- Ahn M. R., Kumazawa S., Usui Y., Nakamura J., Matsuka M., Zhu F., Nakayama T., 2007.- Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of china. Food Chem., 101: 1383-1392.
- [15].- Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Pebers P. A., 1956.- Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances; Anal Chem. 28: 350-356.
- [16].- Gayathri M., Thilagavathi S., 2021.- Phytochemical composition and antioxidant activity of two varieties of unripe date palm; Int J Curr Res Rev. 13(7): 106-111.
- [17].- Echegaray N., Gullón B., Pateiro M., Amarowicz R., Misihairabgwi J. M., Lorenzo J. M., 2021.- Date fruit and its by-products as promising source of bioactive components: a review. Food Rev Int., 0: X-X.
- [18].- Benmeddour Z., Mehinagic E., Meurlay D. L., Louaileche H., 2013.- Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* l.) cultivars: a comparative study. J Funct Foods. 5: 346-354.
- [19].- Alahyane A., Harrak H., Ayour J., Elateri I., Ait-Oubahou A., Benichou M. Bioactive compounds and antioxidant activity of seventeen moroccan date varieties and clones (*Phoenix dactylifera* l.). S Afr J Bot. 121: 402-409 (2019).
- [20].- Salomón-Torres R., Ortiz-Urbe N., Valdez-Salas B., Rosas-González N., García-González C., Chávez D., Córdova-Guerrero I., Díaz-Rubio L., Haro-Vázquez M.P., Mijangos-Montiel J.L., Morales-Maza A., Mahadevan P., Krueger R. Nutritional assessment, phytochemical composition and antioxidant analysis of the pulp and seed of medjool date grown in mexico; Peer J. 7: e6821 (2019).
- [21].- Benmeziane-Derradji F., 2019.- Nutritional value, phytochemical composition, and biological activities of middle eastern and north african date fruit: an overview. EuroMediterr J Environ Integr. 4: 39 58.
- [22].- Assirey E. A. R., 2020.- Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* l.) cultivars grown in saudi arabia; J Taibah Univ Sci., 9: 75-79.
- [23].- Farid M., Aly T. A. A., Ghaly M. S. A, Hussein R. H., Aljarari R. M., Alamoudi M. O., 2020.- Phytochemical content and in vitro antioxidant, antibacterial and antitumor activities of *Phoenix dactylifera* fruit extract; Eurasian J Anal Chem. 15(2): 21-30.

- [24].- Rambabu K., Bharath G., Hai A., Banat F., Hasan S. W., Taher H., Zaid H. F. M., 2020.- Nutritional quality and physico-chemical characteristics of selected date fruit varieties of the united arab emirates. *Processes*, 8: 256-272.
- [25].- Mimouni Y., Bayoussef Z., Siboukeur O., 2022.- Caractérisation diététique et microbiologique de sirop de dattes. *J Adv Res Sci Tech*. 8(1): 50-58.
- [26].- Ahmed A., Bano N., Tayyab M., 2016.- Phytochemical and therapeutic evaluation of date (*Phoenix dactylifera*). *J Pharm Altern Med.*, 9: 11-17.
- [27].- Mohammadzai I., Shah Z., Khan H., Khan I. H., 2010.- Mineral composition of date palm fruit and pit by atomic absorption spectrophotometry. *J Chem Soc Pak.*, 32(1): 87-90.
- [28].- Aslam J., Khan S. H., Khan S. A., 2013.- Quantification of water soluble vitamins in six date palm (*phoenix dactylifera* l.) cultivar's fruits growing in dubai, united arab emirates, through high performance liquid chromatography. *J Saudi Chem Soc.*, 17: 9-16.
- [29].- Abdeen E-S. M. M., 2018.- Enhancement of functional properties of dairy products by date fruits. *Egypt J Food Sci.*, 46: 197- 206.
- [30].- Cujic D., Stefanoska I., Golubovic S., 2011.- Serum ferritin in healthy women and breast cancer patients. *J. Med. Biochem.*, 30(1): 33-37.
- [31].- El-Sohaimy S. A., Hafez E. E., 2010.- Biochemical and nutritional characterizations of date palm fruits (*phoenix dactylifera* l.). *Res J Appl Sci.*, 6(8): 1060-1067.
- [32].- Siddeeg A., Zeng X. A., Ammar A. F., Han Z., 2018.- Sugar profile, volatile compounds, composition and antioxidant activity of sukkari date palm fruit. *J Food Sci Technol.*, 56: 754-762.
- [33].- Sautin Y. Y., Johnson R. J., 2008.- Uric acid: the oxidant-antioxidant paradox. *Nucleosides Nucleotides Nucleic Acids*, 27: 608-619.
- [34].- Atoussi O., Chetehouna S., Boulaares I., Guemari I. Y., Derouiche S., 2021.- Analysis of Blood Pressure, Lipid Profile and Hematological Biomarkers in men Addicted to Tobacco Chewing. *Res J Pharm Pharmacodyn*, 13(1): 1-6.
- [35].- Osman N. N., Al-Shubailly F., 2017.- Anti-inflammatory, immune-modulatory and antioxidant effects of date fruit (*phoenix dactylifera*) extract in rats treated with $AlCl_3$. *Int. J. Pharm. Res. Allied Sci.*, 6(2): 255-262.
- [36].- Kehili H. E., Zerizer S., Beladjila K. A., Kabouche Z., 2016.- Anti-inflammatory effect of algerian date fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Agric Immunol.*, 27(6): 820-829.

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DU COUVERT VÉGÉTAL EN ZONE SEMI-ARIDE: FORÊT DE DJEBEL BOUTALEB (ALGERIE)

BOUCHELOUCHE Asma*, HANI Meriem, LEBAZDA Rafika

Laboratoire de Valorisation des Ressources Biologiques et Naturelles (L.V.R.B.N.)

Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Ferhat Abbas Sétif1, 19000 Sétif, Algérie

E-mail: asma.bouchelouche@univ-setif.dz

(Received 17 March 2021- Accepted 07 May 2022)

Résumé.- La végétation de l'Algérie, en particulier des régions semi-arides, a subi de profondes modifications au cours de son histoire. Le massif forestier de Boutaleb, situé en zone semi-aride (wilaya de Sétif); présente un potentiel floristique important, qui se trouve menacé, par la persistance de plusieurs facteurs d'origine anthropiques, engendrant une régression de la végétation. Cela nécessite une surveillance de la végétation, pour appuyer une gestion forestière durable de ces milieux, ce qui est aujourd'hui possible grâce à l'imagerie satellitaire. L'objectif du présent article, est d'étudier la dynamique spatio-temporelle du couvert végétal de ladite forêt, entre 2010, et 2021; en se basant sur la télédétection et l'outil SIG. L'approche méthodologique du travail, repose sur l'utilisation des données des images du satellite Landsat de deux types: TM et OLI pour deux dates 2010 et 2021 (période de 11ans), et le calcul de l'indice de végétation NDVI, pour identifier les changements du couvert végétal entre les deux dates choisies. Le traitement des images satellitaires, a montré une variation spatio-temporelle du couvert végétal très importante, en effet l'analyse de l'indice de végétation (NDVI) et la réalisation de la carte du changement de la végétation, ont montré un recul et une dégradation importante du couvert végétal, de la zone d'étude entre 2010 et 2021, de plus de 21%. Cette dynamique régressive du couvert végétal, est justifiée par l'intervention de plusieurs facteurs dus, essentiellement, à l'action anthropique (incendies, surpâturage...). L'utilisation de la télédétection spatiale, permet de mettre en évidence la dégradation du couvert végétal, et de ce fait, d'analyser les facteurs de risques (naturels et/ou anthropiques), et les scénarios futurs de dégradation de cet écosystème.

Mots-clés: Forêt de -Boutaleb, dynamique du couvert végétal, télédétection, NDVI, action anthropique.

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF VEGETATION COVER IN SEMI-ARID ZONES: FOREST OF DJEBEL BOUTALEB (ALGERIA)

Abstract.- The vegetation of Algeria, in particular of the semi-arid regions, has undergone profound modifications during its history. The Boutaleb forest massif, located in a semi-arid zone (province of Setif); presents an important floristic potential, which is threatened by the persistence of several factors of anthropic origin, causing a regression of the vegetation. This requires vegetation monitoring to support sustainable forest management of these environments, which is now possible thanks to satellite imagery. The objective of this article, is to study the spatio-temporal dynamics of the vegetation cover of the said forest, between 2010 and 2021; based on remote sensing and the GIS tool. The methodological approach of the work is based on the use of Landsat satellite image data of two types: TM and OLI for two dates 2010 and 2021 (period of 11 years), and the calculation of the NDVI vegetation index, to identify changes in vegetation cover between the two dates chosen. The processing of satellite images showed a very significant spatio-temporal variation in the vegetation cover, indeed the analysis of the vegetation index (NDVI) and the production of the vegetation change map showed a decline and a significant degradation of the vegetation cover of the study area, between 2010 and 2021, of more than 21%. This regressive dynamic of the plant cover is justified by the intervention of several factors due, mainly to anthropogenic action (fires, overgrazing, etc.). The use of spatial remote sensing, makes it possible to highlight the degradation of the plant cover, and therefore to analyze the risk factors (natural and/or anthropogenic), and the future scenarios for the degradation of this ecosystem.

Key words: Boutaleb Forest, vegetation cover dynamics, remote sensing, NDVI, anthropogenic action.

Introduction

En Algérie, le phénomène de dégradation des terres, affecte et menace d'immenses espaces du pays [1]. En effet, la végétation de l'Algérie, surtout celle des régions semi-arides, a subi de profondes modifications, au cours de son histoire, aussi bien au niveau de sa physionomie qu'au niveau de sa flore, ceci et dû essentiellement, aux actions destructives, d'origine anthropozoogènes: à savoir les incendies de forêts, délits de coupes, surpâturage [2].

Les processus de déforestation, de dégradation et de perte en biodiversité; tend à faire ressortir la nécessité d'estimer, de prévoir, de surveiller, et de gérer la végétation dans toutes les parties du monde, et à différentes échelles (local, régional et global); ce qui est possible, grâce à l'imagerie satellitaire; et l'outil télédétection, considérées en tant que source d'information précieuse, fournissant des informations diachroniques à un coût raisonnable, et à des pas de temps très diversifiés [3].

L'utilisation de ces outils, est devenue intéressante, dans les études de la dynamique spatio-temporelle du couvert végétal, cependant l'étude multi-date de la couverture végétale est la procédure la plus efficace, pour mesurer le degré de changement de l'environnement [4].

Plusieurs travaux et études diachroniques, traitant des changements du couvert végétal; ont été menés dans différentes zones en Algérie, à savoir le Parc national d'El Kala [5] les monts de Tessala [6], la forêt de Sanlba (Djelfa) [7], le massif Djebel El Ouahch [8], la région de Tolga [3].

Le massif forestier de Boutaleb, situé au sud de la wilaya de Sétif (Nord-Est algérien), fait partie de la chaîne des monts de Hodna, présente une diversité floristique très riche, avec plus de 360 taxons, appartiennent à 56 familles et 226 genres, avec 32 taxons endémiques [9]. Les usages greffés sur la forêt, sont partagés entre les riverains du massif, où l'élevage et l'agriculture sont parmi leurs principales sources de revenus; ces deux activités se développent au détriment de la forêt du massif [9]. Cependant ce potentiel naturel, se trouve menacé, par la régression de la végétation, et la déperdition de nombreux taxon. La végétation du massif forestier du Boutaleb, témoigne d'une action destructive, manifestée depuis fort longtemps, et accélérée occasionnellement, marquée par l'empreinte de l'homme et par ses activités quotidiennes, et saisonnières, et par l'aridité croissante et les sécheresses récurrentes, ce qui est un mauvais signe pour l'avenir de cette forêt, d'où la nécessité de surveiller, et de gérer la végétation de cet écosystème [2].

L'objectif de ce travail, est d'une part l'étude de l'évolution de la végétation, de l'écosystème forestier de Boutaleb, par l'application des techniques de traitement informatiques, et des données de la télédétection spatiale, sur une période de 11 ans, et d'autre part, de montrer le potentiel de l'utilisation de la télédétection, dans le suivi de l'évolution spatio-temporelle du couvert végétal.

L'approche méthodologique, consiste à détecter les changements dans le couvert végétal (régression ou progression), à partir des images satellitaires Landsat de deux types: TM et OIL, en se basant sur le calcul et la classification supervisée de l'Indice de Végétation par Différence Normalisé, également appelé NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), de 2010 à 2021.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Présentation de la zone d'étude

La forêt de Boutaleb, est située aux coordonnées géographiques suivantes [10]:

X1: 721 071,86 m Y1: 261 004,95 m

X1: 755 351,35 m Y1: 285 290,90 m

(Selon la Projection: UTM Nord Sahara. Zone 31)

Elle appartient administrativement à la circonscription de Ain Oulmen, et occupe le djebel Boutaleb, l'une des principales montagnes du versant oriental des chaînes du Hodna, le massif forestier de Boutaleb, est situé dans la région sud de la wilaya de Sétif (Nord Est de l'Algérie), d'une superficie de 28427 hectares [9]. Elle présente plusieurs types de formations végétales à savoir: forêt, matorral, pelouse et steppe. Trois espèces principales dominent dans ladite forêt, le pin d'Alep, le chêne vert et le cèdre de l'atlas [10]. L'analyse de la diversité floristique, a révélé l'existence de 367 taxons, qui appartiennent à 56 familles et 226 genres avec 32 taxons endémiques [9].

La structure physique de la forêt est montagneuse, avec des altitudes élevées comprises entre 980 m et 1886 m, dont le Djebel Afghane forme le point culminant du Massif [9].

D'un point de vue climatique, cette forêt est située dans un étage bioclimatique semi-aride à hivers frais, avec une pluviométrie annuelle de 200 mm /an concentré en hivers et au printemps [10], la saison sèche est très longue en basse altitude et peut durer cinq mois, mais en haute altitude, elle ne doit pas dépasser trois mois [2].

Le sol du massif de Boutaleb peut être scindé en deux séries: les sols minéraux bruts et les sols calcimagnésique [9].

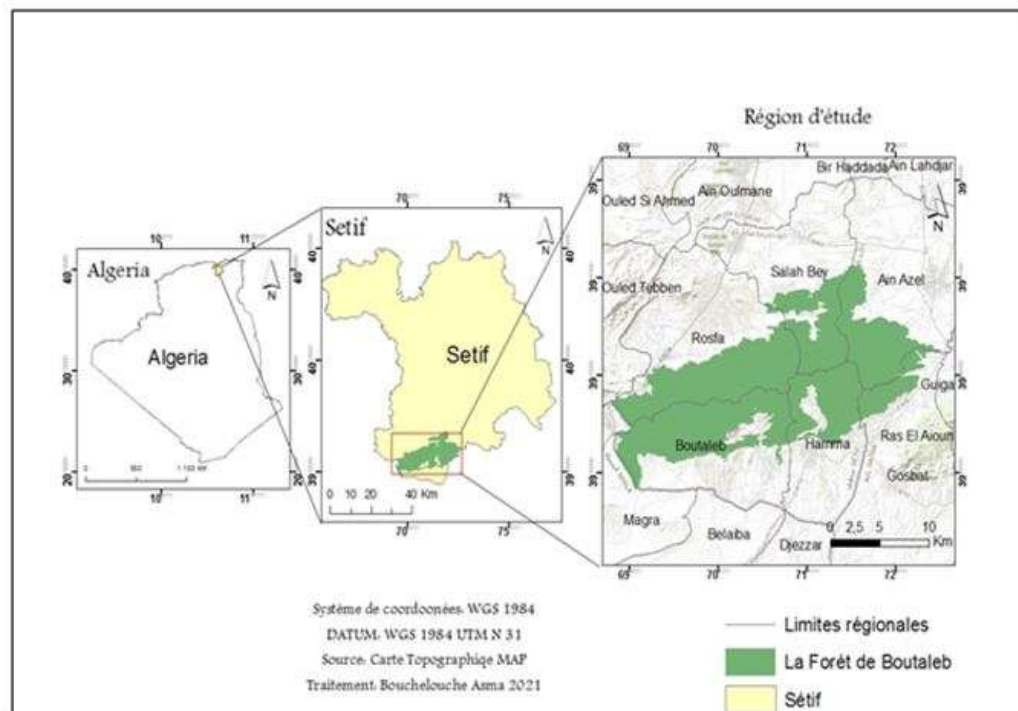


Figure 1.- Situation géographique du massif de Boutaleb (Carte Topographique de l'Algérie)

1.2.- Aspect méthodologique

L'approche méthodologique du présent travail, comprends plusieurs phases, et étapes résumées développées ci-dessous.

1.2.1.- Données utilisées

L'étude multi-chronique de la dynamique du couvert végétal, repose sur l'analyse spatio-temporelle, et le traitement des images satellitaires par la télédétection spatiale [11]. Dans le présent travail, il est opté une démarche, qui s'appuie sur l'utilisation des données des images du satellite Landsat, le choix des images Landsat, s'est basé principalement sur leurs disponibilités sur le site Web de la NASA (<http://glovis.usgs.gov/>). Il s'agit des images satellites Mapper (TM) et (OLI), sans nuage avec une résolution de 30 x 30 m. (tab. I).

Pour toute étude multi-chronique de la végétation, il est très intéressant de bien choisir la date de prise de vue, parce que les caractéristiques du terrain, varient souvent d'une année et d'une saison à l'autre, pour la même année. Pour cette raison, et afin d'augmenter la précision spatiale et radiométrique, il a été choisi la période de la saison sèche (Août), où l'absence de nuages rend la qualité des images satellites acquises plus élevée.

Tableau I.- Dates et caractéristiques des images Landsat choisies

Satellite	Date	Référence	Nébulosité	Résolution spatiale
Landsat 5 TM	09-08-2010	LT51940352010189MPS00	0%	30 m
Landsat 8 OLI	23-08-2021	LC81940352021235LGN00	0%	30

1.2.2.- Prétraitement

En raison des effets atmosphériques (nuages, poussières..) auxquels les capteurs satellitaires sont exposés, la correction atmosphérique constitue un processus important à réaliser avant d'analyser les images satellitaires sélectionnées. La correction atmosphérique, se fait en convertissant les valeurs numériques en valeurs luminance, au niveau de capteur, puis d'en extraire les effets perturbateurs atmosphériques en calculant la réflectance spectrale [12].

1.2.3.- Composition colorée

La composition colorée, est la combinaison des canaux rouge vert et bleu; pour produire une image; qui synthétise le maximum d'informations [13]. Elle permet d'avoir une image muti-chrome, à partir de trois images monochromes [14].

Pour exploiter l'information spectrale relative au couvert végétale, il a été élaboré un type de composition colorée, des images satellitaires, qui concernent la composition fausse colorée (false color).

Les compositions colorées (Le couvert végétal apparait en vert) réalisées sont:

- La combinaison des bandes: 5-4-3 pour Landsat 5 (Août 2010),
- La combinaison des bandes: 6-5-4 pour Landsat 8 (Août 2021).

La composition colorée, est suivie de l'application du masque, afin de retirer les pixels n'ayant pas d'intérêt à être étudiés. Le masquage consiste à cacher une partie de l'image et à conserver intacte de l'autre partie [15]. Dans le présent cas, il est effectué un masquage géographique, il s'agit du découpage sur l'image, de type géométrique; par la numérisation des limites géographiques de la région d'étude.

1.2.4.- Indice de végétation par différence normalisée (NDVI)

Les indices de végétation, sont très utilisés dans les études de la dynamique du couvert végétal; parmi ces indices; il y a l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), qui est de loin l'indice de végétation, le plus utilisé dans le suivi de la végétation [16].

Dans ce contexte, HUETE *et al.* (1997) considèrent que cet indice est suffisamment stable, pour comparer l'activité végétale, à des pas de temps saisonniers ou interannuels [17]. Le NDVI est un indice de végétation qui sert à estimer la quantité, la qualité, et le développement de la végétation, à partir de la mesure de l'intensité du rayonnement de certaines bandes du spectre électromagnétique, que la végétation émet ou réfléchit, proposé par ROUSSE *et al.* (1973), l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) est calculé par la relation suivante (Equ1) [18]:

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R) \quad (1)$$

Où :

NDVI : Indice de végétation par différence normalisée,

PIR: Réflectance de la végétation dans la bande proche infrarouge,

R : Réflectance de la végétation dans la bande rouge.

Les valeurs du NDVI, sont comprises entre -1 et +1, les valeurs positives représentent la biomasse végétale, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme l'eau, le bâti et les nuages; Pour les sols nus, le NDVI présente des valeurs proches de 0 [19].

1.2.5.- Classification de NDVI

Suivant la valeur de NDVI; l'image peut être classée selon plusieurs méthodes, ainsi la méthode adoptée l'étude, est la classification supervisée, basée sur la méthode du «maximum vraisemblance», qui consiste à assigner chaque pixel, à la classe à laquelle la probabilité d'appartenance est la plus élevée [20]. Il est retenu deux classes: le sol nu (hors végétation) et le couvert végétal. L'étape de classification est la plus critique à réaliser; à chaque étape de classification. Un aperçu du résultat est analysé, ce qui permet un suivi tout au long du processus de classification [8].

1.2.6.- Détection de changement

Après la classification, il a été procédé à la détection du changement; entre les dates sélectionnées, c'est le processus de détermination de changement d'un objet, ou d'un phénomène, au cours du temps, en l'observant à différents moments. Cela implique la capacité de quantifier les effets temporels à l'aide d'un ensemble de données multi temporels [21].

L'opération de «Change détection », consiste en la soustraction entre les valeurs de NDVI d'une première image; (antérieure); et la suivante (postérieure), pixel par pixel, puis détermination des classes de comparaison selon le degré de changement entre les deux images [22].

Ce procédé permet de détecter les moindres changements, entre deux images classées à des dates différentes, et les images obtenues illustrent à la fois, spatialement et quantitativement, des changements significatifs de la végétation au cours du temps, dans la zone d'étude [3]. Ces changements peuvent prendre la forme d'une progression, une régression ou une stabilité de la végétation.

- Les pixels ayant une valeur supérieure à 0 reflètent les zones où la végétation a progressée,
- Les pixels dont la valeur est égale à 0 sont les zones de stabilités,
- Les pixels ayant une valeur négative correspondent aux zones où la végétation a subi une régression [6].

La phase finale, consiste à réaliser des cartes de synthèses des changements de la végétation, au cours du temps. Les résultats sont complétés, par des tableaux et graphiques; apportant la régression, progression et stabilité de la végétation; en termes de superficie et pourcentage, au niveau de la forêt de Boutaleb.

1.3.- Matériel utilisé

Dans le cadre de cette étude les logiciels utilisés sont:

- Le système d'information géographique ArcGIS 10.4 qui reste le logiciel référence en matière de cartographie. Il est effectué diverses opérations à travers ce logiciel. Il permet d'éditer et même de comparer des données de cartographie.
- le logiciel ENVI 5.1 Utilisé surtout pour l'étape de prétraitement.

2.- Résultats

2.1.- Composition colorée et carte NDVI

L'état de la végétation, dans le massif forestier de Boutaleb, a été constaté et quantifié, durant une période de 11 ans; grâce à l'analyse des images Landsat 5 TM, et Landsat 8 OLI, avec résolution de 30 mètres. Avant de procéder au traitement des images satellitaires, il est nécessaire d'appliquer la procédure de prétraitement, en effet la luminance mesurée par les capteurs, est affectée par l'état atmosphérique, existant au moment de la prise de l'image satellite, par conséquent il est nécessaire d'appliquer la correction atmosphérique requise.

Puis il a été établi la carte de l'NDVI à l'aide de logiciel Arcgis 10.4, les fig. 2 et fig. 3 présentent la carte de l'NDVI et la composition «false color» des années 2010 et 2021 respectivement.

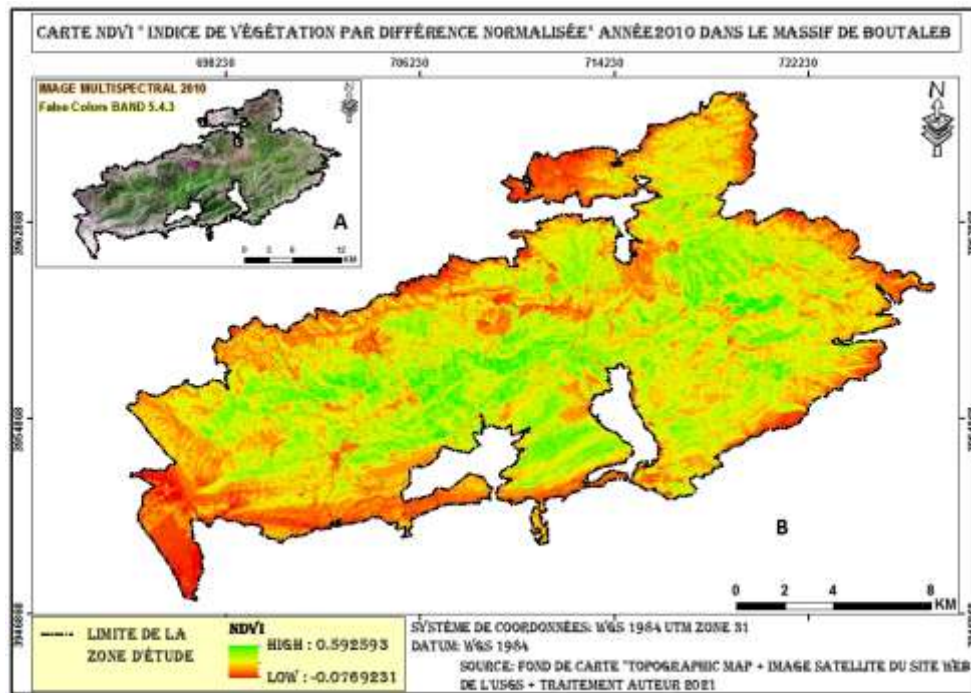


Figure 2.- Composition coloré (A) et NDVI (B) de l'image Landsat TM 5 de 09/08/2010

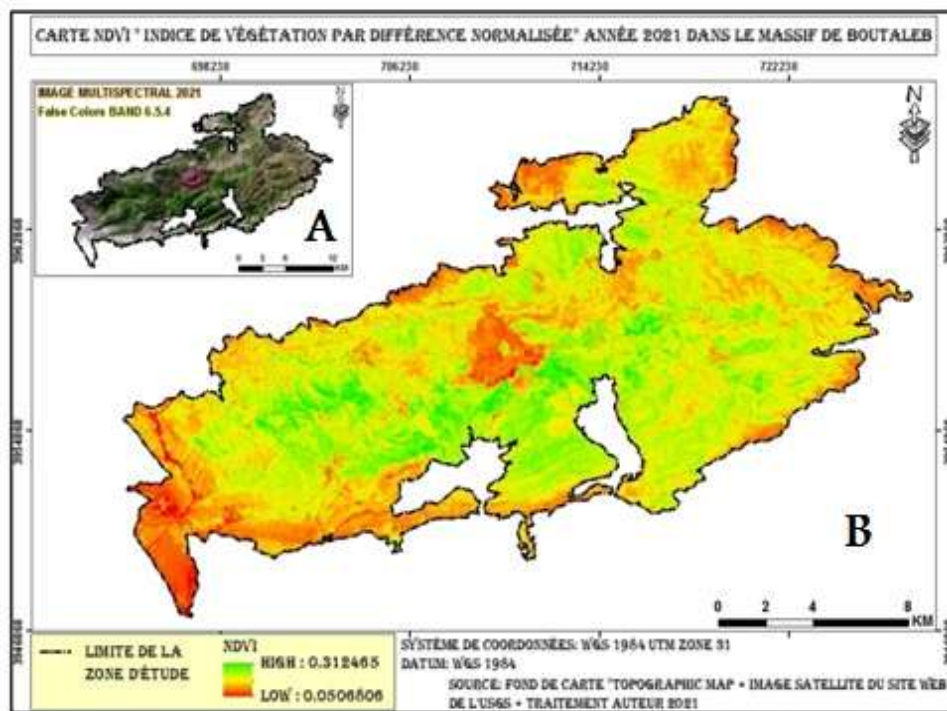


Figure 3.- Composition coloré (A) et NDVI (B) de l'image Landsat OLI 8 de 23/08/2021

Le NDVI est l'un des indices les plus largement utilisés dans l'analyse et la surveillance par satellites, de la couverture végétale, les résultats des images NDVI finales sont les suivantes:

- NDVI de landsat 5TM en date du 09/08/2010

La figure 2 montre la distribution spatiale du NDVI de Landsat 5 TM en date de 09/08/2010, les valeurs NDVI sont estimées entre -0.0769231 et 0.592393, avec une valeur

moyenne de 0.223121 et un écart type de 0.101002 (tab. II).
- NDVI de Landsat 8OLI en date du 23/08/2021

La figure 3 montre la distribution spatiale du NDVI de Landsat 8 OLI en date de 20/08/2021 la plage des valeurs NDVI est estimée de 0.0506806 et 0.312465 avec une valeur moyenne de 0.171667 et écart type de 0.032624 (tab. II).

Tableau II.- Valeurs NDVI des années 2010 et 2021

NDVI	NDVI du 09/08/2010	NDVI du 23/08/2021
Minimale	-0.0769231	0.0506806
Maximale	0.592393	0.312465
Moyenne	0.223121	0.171667
Ecart type	0.101002	0.032624

Une valeur élevée de l'indice NDVI, indique une densité de végétation élevée, tandis qu'une valeur inférieure du même indice, indique une faible densité de végétation. L'analyse visuelle des deux images, montre que les valeurs de l'indice NDVI sont supérieures de l'année 2010, par rapport l'année 2021, et la valeur maximale de l'NDVI, diminue de 0.27, ce qui renseigne sur la diminution du couvert végétal; durant la période retenue.

Comme le montrent la figure 1 et figure 2, les valeurs de NDVI de 2010 sont nettement supérieures aux valeurs de NDVI de 2021, la valeur moyenne de NDVI pour 2010 est estimée à 0.22 alors que la valeur moyenne du NDVI de 2021 est de 0.17.

2.2.- Classification supervisée des images de l'NDVI

Le résultat de la classification supervisée de NDVI des images Landsat de 2010 et 2021, sont présentées dans la figure 4, ce sont des images bien précises pour la différenciation entre les deux classes: végétation et la classe hors végétation.

La classification supervisée de l'NDVI des images Landsat de 2010 et 2021, a été effectuée, après avoir identifié les deux classes retenues (végétation et sol nu), plusieurs échantillons ont été pris, en se basant sur les signatures spectrales de la végétation, et des surfaces dépourvues de végétation (fig. 4).

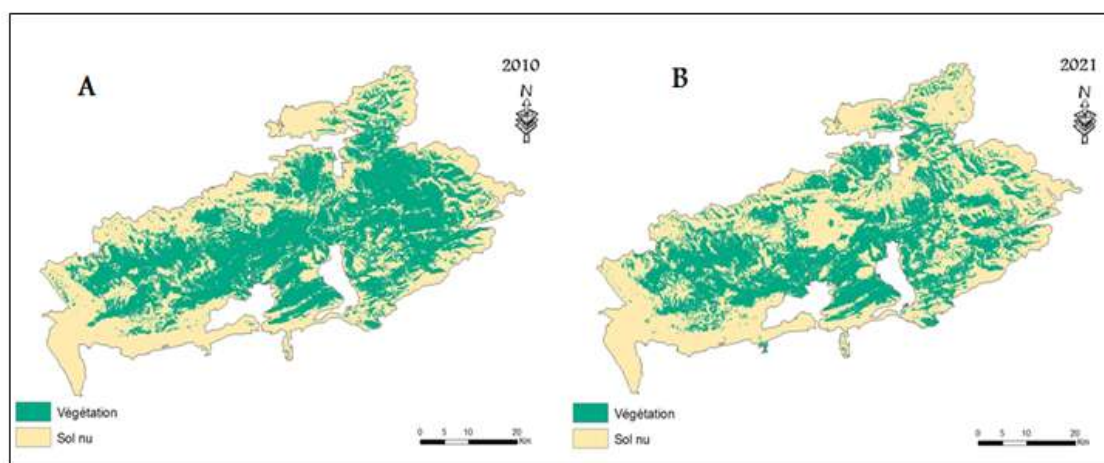


Figure 4.- Classification supervisée de l'NDVI de l'année 2010 (A) et de l'année 2021(B)

En effet, le traitement des images, a produit des cartes plus explicites, montrant une variation de l'extension spatiale, et de la superficie du couvert végétal entre les deux dates prédéfinies 2010 et 2021.

A la lumière des cartes de la classification, il est observé une régression de la surface occupée par la végétation de l'année 2021 par rapport à l'année 2010. Cependant les zones qui ont connu une importante régression du couvert végétal, sont la partie Centrale et la partie Nord-Est de la zone de l'étude.

2.3.- Carte du changement

La carte du changement; a été établie par la différence entre les deux cartes de l'indice NDVI de 2010 et 2021. La figure 5, illustre spatialement et quantitativement, les changements importants de la végétation, survenus dans la région de Djebel Boutaleb; sur une période de 11 ans (2010-2021). Ces changements de la végétation, peuvent êtres de trois types:

- Positifs pour les zones où la végétation a progressée;
- Négatifs pour les zones où la végétation a subi une régression;
- Nul pour les zones de stabilités.

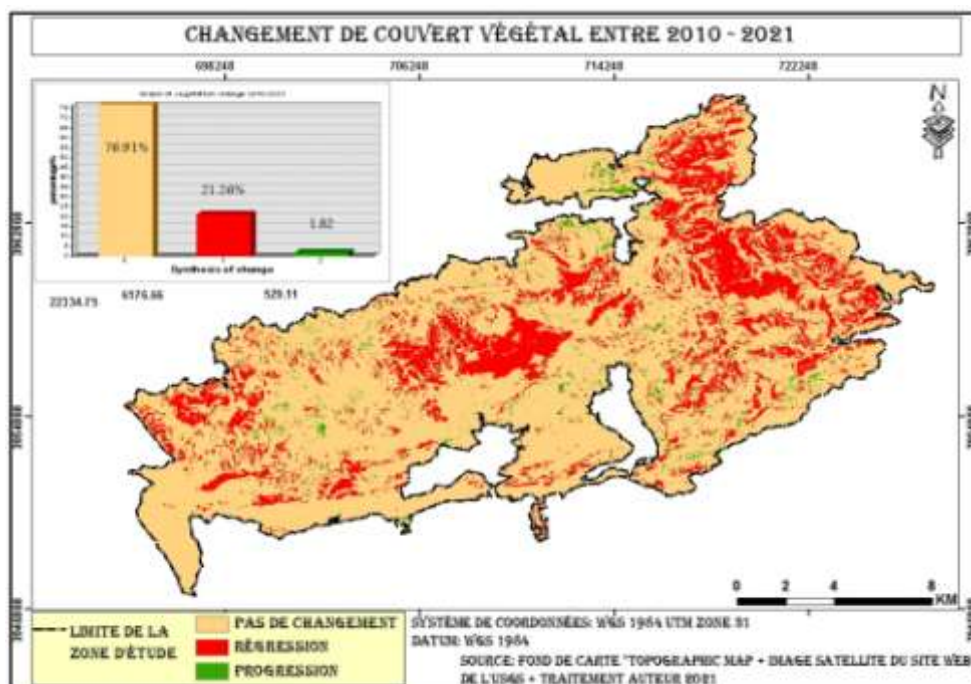


Figure 5.- Carte de synthèse du changement de la végétation entre 2010 et 2021

A partir de la carte de synthèse, il a été calculé les superficies de la régression et progression de la végétation, au niveau de la région de Djebel Boutaleb, pour la période 2010-2021 (tab. III).

Tableau III.- Changement de la végétation (2010-2021)

Type de changement	Superficie	Pourcentage
Régression	6171.77 ha	21.26%
Stabilité	22324.07 ha	76.9%
Progression	534.15 ha	1.84%

De 2010 à 2021, le djebel Boutaleb a affiché un bilan négatif, avec une perte de végétation équivalente à 6171.77 ha, soit 21.26% de la surface totale du massif. Cette régression concerne essentiellement les parties Nord Est, et centre du massif; avec quelques taches dans le versant sud; durant la même période, les zones de progression représentent une superficie estimée à 1.84% soit 534.15 ha; les zones de stabilité de la végétation sont majoritaires avec une superficie de 22324.07 ha, soit 76.91%.

2.4.- Bilan du changement de la végétation par type de formation

À partir de la superposition de la carte d'évolution de la végétation de la période 2010-2021, avec la carte des peuplements forestiers du massif de Boutaleb fournie par la Direction de la Conservation des Forêts Sétif (Circonscription Ain Oulmene, Algérie) de l'année 2021, il a été possible de calculer les superficies et les pourcentages de la régression et de la progression de la végétation au niveau de chaque type de formation.

Tableau IV.- Bilan de changement de la végétation forestière par type de peuplement dans la région de Djebel Boutaleb pour la période 2010-2021

Peuplement	Progression	Régression	Stabilité	Bilan (Ha)	Superficie Totale
Pin d'Alep	2.51%	16.35%	81.12%	- 1394.87	8531.37 ha
Tallis de chêne vert	1.42%	22.45%	76.12%	- 499.62	2225.51 ha
Cedrai	3.08%	8.35%	88.65%	-48.71	583.47
Matorral chêne vert	2.12%	30.93%	66.94%	- 878.01	2838.71 ha
Matorral Genévrier	1.01%	20.02%	78.95%	- 178.17	890.00ha
Garrigue genévrier	0.56%	3.71%	95.72%	- 45.47	1225.75ha
Matorral Genévrier Phénicie chêne vert	0.41	32.71%	66.86	-761.78	2328.92 ha

Tous les types de peuplements, au niveau de la région de Djebel Boutaleb, affichent un bilan négatif entre 2010 et 2021. Le matorral de chêne vert et le matorral Genévrier Phénicie chêne vert, sont les plus touchés, avec une perte de 30.93% et 32.71% de superficie respectivement, soit 878.01 ha et 761.78 ha de leurs superficies respectivement. Le peuplement de Pin d'Alep, a également régressé, pendant la même période, de plus de 16% de sa superficie totale, soit 1394.87 ha. Le bilan global des forêts de cèdre reste relativement stable, avec une régression de 8.35% (tab. IV).

3.- Discussion

La couverture végétale est le meilleur repère pour apprécier les changements du milieu entre différentes périodes dans une région [24]. Il a été noté que le massif forestier de Boutaleb situé en zone semi-aride, a connu une dynamique remarquable de 2010 à 2021, en effet l'analyse des résultats cartographiques, a révélé une dégradation du couvert végétal au détriment du sol nu. La disparition du couvert végétal, s'est traduit par la perte de 6171.77ha de forêt sur les 28427 ha, soit une régression de plus de 21%; sur la période 2010-2021, en effet en 2010 la valeur maximale du NDVI était de 0.59 qui est devenue 0.31 en 2021. La partie centrale de la zone d'étude a connu une nette différence de NDVI.

Plusieurs travaux s'accordent sur la régression de la végétation du massif Boutaleb et des écosystèmes Sétifois en général, dans la même période retenue [25,26]. Cette régression est due aux facteurs climatiques, mais surtout aux pressions exercées par

l'homme sur la forêt. L'analyse des facteurs de dégradation, montre l'ampleur de l'impact humain qui reste sans conteste l'élément déterminant de l'évolution régressive du tapis végétal dans la région de Djebel Boutaleb [9].

La superficie des peuplements forestiers incendiés (Pin-D'Alep, Chêne Vert, Genévrier. Genévrier Oxycédre) au niveau du massif Boutaleb, entre 2010 et 2018, se chiffre à 785.5 ha soit une moyenne de 98 ha/an. Cette superficie incendiée est élevée, par rapport à la décennie précédente (2001-2010) où la superficie incendiée au niveau du massif Boutaleb, était de 443.5 ha, ce qui constitue une augmentation de presque le double pour la période 2010/2018, et témoigne de la dégradation de végétation constatée [23].

En plus des incendies, l'exploitation humaine et pastorale importante qu'a connue la végétation du massif forestier du Boutaleb, au cours de son histoire, s'est répercutée sur le couvert végétal de la forêt [2]. Le surpâturage, le défrichement et l'exploitation irrationnelle du bois, sont autres facteurs de dégradation de l'écosystème forestier de Boutaleb[9]. Les populations à proximité de la forêt, exercent des pratiques sur la forêt qui persistent encore comme le surpâturage, le broutage, délit de coupe important, surtout sur la cédraie, la cueillette des plantes reconnues médicinales, toutes ces actions anthropozoogènes, ont été à l'origine des dégradations importantes qu'a connu la forêt domaniale du Boutaleb, aussi bien au plan de sa physionomie qu'à celui de sa flore [2].

Conclusion

La méthode de la différenciation des NDVI appliquée, a permis de faire ressortir les grands changements au niveau de la zone d'étude. Le massif forestier de Boutaleb diversement fragilisé, est soumis à de multiples facteurs d'agression; principalement d'ordre anthropiques (incendies, surpâturage, déforestation.); ce qui a profondément perturbé les équilibres écologiques de cette écosystème forestier.

Pour la protection de cette aire naturelle, il est urgent et nécessaire; d'établir un plan de gestion, et un programme de suivi; afin d'appliquer des moyens de conservation; vus les contraintes anthropique, auxquelles la forêt est exposée.

Références bibliographique

- [1].- Heddadj D.,1997.- La lutte contre l'érosion en Algérie. Bull Réseau Erosion, vol 17: 75-168
- [2].- Madoui A. et Gehu J.M., 1999- Etat de la végétation dans la forêt de Bou taleb Mont du Hodna, Algérie. Forêt Méditerranéenne, vol 20: 162-168.
- [3].- Rekis A. et Belhamra M., 2015.-Etude diachronique du changement de la végétation par télédétection Cas de la région de Tolga en Algérie. International Journal for Environment and Global Climate Change, vol 3: 49-60
- [4].- Lambin E., 2001.- The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. Global Environmental Change, 11: 261-269.
- [5].- Diaf I., El Halim M. et Touati B. 2015. -Application des nouvelles techniques aérospatiales dans l'évaluation du changement du couvert végétal dans le parc

- national d'El kakal (Algérie) entre 1995 et 2015. *Revue GeoSP*, 3 : Pp 13.
- [6].- Bachir Bouladjar S., El Zerey W. et Benabdeli K., 2011.- Etude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale: cas des monts du Tessala (Algérie occidentale). *Géographie physique et environnement*, vol 5: 215-230.
- [7].- Mouissa H. Fournier R, Oldache E., et Belatreche M., 2018.- Détection des changements au niveau d'un couvert forestier en milieu semi-aride entre 1984-2009: cas de la forêt de Senalba Chergui de Djelfa (Algérie). *Canadien journal of remote sensing*, vol 44:113-130.
- [8].- Bouzenzana L., 2015.- Etude diachronique de la régression de la végétation forestière par télédétection dans le massif de djebel El Ouahch (Constantine). *Mémoire de master*, université des Frères Mentouri, Constantine, 46p.
- [9].- Sedjar A., 2012.-Biodiversité et dynamique de la végétation dans un écosystème forestier - Cas de djebel Boutaleb, *Mémoire de magister*, univervité Ferhat Abbas, Sétif, Pp 3-91.
- [10].- Zerroug K., 2012.- Elaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la wilaya de Sétif. *Mémoire de magister*, univervité Ferhat Abbas, Sétif, 44p.
- [11].- Hili A., Bissour R., Jaa F., Reddad H., and Eljoughry Y. 2022.- Study of the spatio-temporal dynamics of the Ait Daoud ou Ali (Central High Atlas, Morocco) Forest using geospatial techniques. *Revista de Estudios Andaluces* 43: 208-225.
- [12].- Abdelbaki A., 2012.- Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous bassin versant d'oued Bouguedfine (Wilaya de Chlef). *Mémoire de magister*, université Hassiba Ben Bouali, Chlef, 110p.
- [13].- Tsayem Demaze M., 2002.-Caractérisation et suivie de la déforestation en milieu tropical par télédétection: application aux défrichements agricoles en Guyane française et au Brésil. *Doctorat dissertation*, Université d'orléans, 120 p.
- [14].- Yao K., 2009.- Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du Sud-Ouest de la Cote d'Ivoire: Cas du département de Sourbé: apport de la télédetetction, de la géomorphologie et de l'hydrogéochimie. *Doctoral dissertation université Cocody- Abidhan*), 74 p.
- [15].- Girard M. C. et Girard C.M., 1999. *Le traitement des données de télédétection*. Dunod, Paris, 529 p.
- [16].- Tucker C.,1979.- Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8:127-150.
- [17].- Huete A. L.,1997.- A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59: 440-451.
- [18].- Rousse J. W., H. R. 1973.- Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *ERTS symposium NASA*, 1:309-317.

- [19].- Sellers P., 1985.- Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. International journal of remote sensing, vol 6: 1335-1372.
- [20].- Swain P. et Davis S. M.; 1978.- Remote sensing: The quantitative approach. McGraw-Hill International Book Company, New York, 6 : 713-714.
- [21].- Singh A., 1989.- Digital change detection techniques using remotely sensed data. international journal of remote sensing, vol 10: 989-1003.
- [22].- Mariotto I., & Gutschick V., 2010-Non-lambertian corrected albedo and vegetation index for estimating land evapotranspiration in a heterogeneous semi-arid landscape. REMOTE SENSING, vol 2: 926-938.
- [23].- Conservation des forêts Sétif, Circonscription Ain Oulmene, Bilan des incendies Boutaleb et rigba dahra 1982-2018, 3 p.
- [24].- Tankoano B., 2017- Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à l'évaluation de l'impact des activités humaines sur la couverture végétale: cas du parc national des deux Balé (PNDB) à l'ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat, université Nazi Boni, Burkina Faso, 111 p.
- [25].- Missaoui K., 2020- Dynamique des écosystèmes du Sétifois face aux changements globaux. Thèse de Doctorat, université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 126 p.
- [26].- Benkhelfi R., Bouchachoua K., 2021- Etude diachronique de la végétation forestière dans la wilaya de Sétif. Mémoire de Master, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 23p.

THE INEQUALITY IN PURCHASING BEHAVIOURS FOR SHEEPMET IN THE TIARET REGION (ALGERIA)

HADJER Azizi*, ATCHEMDI KOMI Apedo

Laboratory: Exploitation and Valorisation of Steppe Ecosystems (EVES)

Faculty of Natural and Life Sciences / Rural Economics, University of Ziane Achour in Djelfa,
17007 Djelfa, Algeria

*E-mail: ha.azizi@univ-djelfa.dz / azizi_hadjer@yahoo.com

(Received 12 March 2022 - Accepted 11 June 2022)

Abstract. - While using the microeconomic approach of the Keynesian function of households' consumption in a basket of products and services, the study compared the purchasing behaviour of sheepmeat from urban to rural areas. In this respect, for 3 months (June to August) 2020, a survey collected data from 316 rural households in Hamadia and urban households (Tiaret) based on random sampling. Hence, it revealed an inequation in purchasing behaviour in terms of expenditures of income $y_1 = 0.0142x + 749.37$ and $y_2 = 0.0107x + 688.09$ (Tiaret and Hamadia), along with a volumetric consumption $y'_1 = 0.0164x + 228.33$ and $y'_2 = 0.0131x + 503.76$ at the expense of the countryside. Besides, the demand for this meat represents a constant in the food supply of all populations (76.83% of urban dwellers and 62.5% of rural surveyed individuals), but unevenly increases in terms of consumption in carcass weight, the proportion of the food budget devoted to it and residence. In addition, the progress of urbanisation, purchasing power and socio-demographic parameters inevitably calls for greater consideration of the demand for mutton with a constant food supply for the entire households.

Keywords: Animal product; Consumer behaviour; Household budget; place of residence; socio-demography.

INÉGALITÉ DES COMPORTEMENTS D'ACHAT DE LA VIANDE OVINE DANS LA RÉGION DE TIARET (ALGÉRIE)

Résumé. - Avec l'approche microéconomique de la fonction keynésienne de consommation des ménages dans un panier de biens et services, l'étude a comparé le comportement d'achat de la viande ovine du milieu urbain au milieu rural. Une enquête a permis de recueillir des données auprès de ménages ruraux de Hamadia et urbains (Tiaret). Elle a révélé une inégalité de comportement d'achat en termes d'une équation de dépenses en fonction du revenu $y_1 = 0,0142x + 749,37$ et $y_2 = 0,0107x + 688,09$ (Tiaret et Hamadia), et de celle de consommation volumétrique $y'_1 = 0,0164x + 228,33$ et $y'_2 = 0,0131x + 503,76$ aux dépens de la campagne. La demande est une constante de l'alimentation de toutes les populations (citadines 76,83% et rurales 62,5%), mais s'accroît inégalement de par la consommation en poids carcasse, du budget alimentaire et la résidence. Le progrès de l'urbanisation, du pouvoir d'achat et des paramètres sociodémographiques appelle à une prise en compte renforcée de la demande de viande avec une constante de l'alimentation de tous les ménages.

Mots-clés: Comportement du consommateur, budget du ménage, produit animal, milieu de résidence, socio-démographie.

Introduction

In Algeria, sheep farming is one of the most far-reaching and familiar strategic activities; it is alike playing an important role in the economy with a contribution of almost 50% to the agricultural gross domestic product [1-3]. More to the point, this country produces an average of 300,000 tonnes of red sheep and beef meats each year with imports of 40,000 tonnes of frozen beef meat, covering 12% of the total supply [4]. However, they

are both contributing with 340,000 tonnes, or 10 kg/inhabitant/year to average consumption, whilst the remaining share comes from 240.000 tonnes of white meat (07 kg/inhabitant/year) and other animal categories [5].

Indeed, for this kind of consumption, there is a main difficulty in taking the behaviour of the household into account throughout the analyses impacting the corrective measures to be carried out. More to the point, these are the structural characteristics and the ambiguity of the concepts that refer to a diversity of realities, both objective (social and economic categories) and subjective (preferences: taste, culinary habits, perception, and environment). Nevertheless, in the entire environments, the behaviour of meat purchases is not very diversified [6], and in Algeria it is mainly based on four categories: sheep, beef, poultry, and goat. In virtue of which, the household becomes a major consumer of sheep meat.

In fact, high demand is far outstripping supply, implying a price increase. In 2021, among a sample or a “basket” of products and services, the food and non-alcoholic beverages group weighing 43.09% overall, with fresh food products having a weight of 16.92%, of which 5.72% originates from mutton and offal (chicken meat 2.41%, beef meat and offal 1.08%). Between 2011 and 2020, the annual price indices for mutton and offal rose steadily from 183.97 to 299.67 compared with 173.84 to 266.04 in the basket, including 163.33 to 275.92 for beef and giblets [1]. Does this high consumption reflect certain types of households and localities? In such conditions, the analysis suggested that the disparity in meat consumption observed would be in favour of the city compared to the countryside, but with a constant in the food supply of all households in the entire environments.

In this paper, the aim of the analysis based on the microeconomic approach of the Keynesian household consumption function is to compare the purchasing behaviour of sheepmeat in urban and rural areas. Besides, the similarity and difference reports are examined in terms of purchasing power (income), preferences (taste and geographical location) and socio-demographic factors for the different food items, for an equivalent number of meals taken at home. In addition, the application thereof will lead to the compliance of the perspectives of the evolution of urban and rural life and its impacts on attitudes to production, food supply and distribution.

1.- Material and methods

1.1.- Theoretical and conceptual framework for the economic analysis of consumption

There was some consumption of meat by various socio-economic categories, and it occurred in a locality that subtended a particular place. However, this was assumed to be the market in which the purchasing behaviour of households took place. In consequence, when reference was made to the consumption of meat, it referred to the demand for that meat. More to the point, consumption is determined as a set of expenditures made in a basket of products and services to satisfy needs; it has been subject to analysis by various thoughts [7,8].

Above and beyond, Keynesian thinking looked at consumption as an economic aggregate in a macroeconomic approach. Considering which, it relied on the study of the overall functioning of the system, and determined that consumption of individuals was

made as a function of disposable income based on a fundamental psychological law by the formula hereunder: $C = c.Y + C_0$ (C: total consumption, c: marginal propensity to consume, Y was national income and C_0 : share of consumption that did not depend on income). Besides, it shows that consumption represents an increasing function of disposable income and increases in consumption have shown to be lower than increases in income [6,9-11].

As for neoclassical thinking on consumption, it takes up the usual questions on the nature of products and on the demand function (Are they normal or inferior products? How do preferences change according to seasons through drawing consumption and production cycles? How do buyers react to price changes? What is the level of substitutability of these products? etc. The lack of answers that can be generalised to all products constitutes the limits of a pure economic analysis of the purchasing behaviour [8]. Further, the neoclassicals argued that consumption is a microeconomic analysis; they conceived an approach that focused on methodological individualism.

Indeed, the theory was based on the utility value $U(X, Y)$. Thus, we were given the choice between two products X and Y, whereat the buyer sought to maximise satisfaction under the constraints of purchasing power, rationality, and perfect information as regards the price of the goods. In addition, the utility approach has transformed economic thinking by stating that an agent's behaviour in the face of multiple and varied options is consistent with its value. There is no doubt that the random utility function obtained with Marshallian goods optimisation is again revitalizing both economic thinking and algorithmic thinking with computer tools [8,12,13].

The Modigliani theory (life cycle), founded by Modigliani, asserts that demand represents an almost constant proportion of income allocated for consumption by a household over the course of its lifetime. It is subdivided into three phases [14]: the inactivity phase whereat a consumption is higher than income and wealth is negative, the activity whereat income is higher than purchase and the agent builds wealth, and the retirement period during which income decreases and the individual uses the wealth accumulated during the active life to continue consuming.

The various approaches have used economic factors, which have provided for a long-time explanation for most of the buyer's behaviour in the food field, and which are still important, but have increasingly included ethnic, psychological, and sociological considerations. Besides, the Keynesian school, which did not deviate from this, was used to provide explanation thereto from another position: Purchase of households in a basket of products and services as a function of three independent variables: Purchasing power, socio-demographics, and preferences. As regards preferences, according to Mankiw and Taylor [7], the most obvious determinant of demand is taste for goods or things. Hence, if you like mutton, you will buy further quantities.

Additionally, preferences are intrinsic and can alike refer to exogenous sources, inclusive of the effect of climate on the consumer and price [3,5]. In this respect, this seemed to lead to the provide explanation of the purchase phenomenon through localisation. Further, several studies explain the preponderant influence of income on consumption, sometimes using elasticity [10,15-17]. Nevertheless, very few studies are devoted to the consumer by redefining preferences, but rarely on the relationships between position, socio-demographic parameters, climate, or even distribution systems and the

consumer behaviour [3,8,11,16].

Although neoclassical theory reduced itself to variations in price, income, and proximate goods, it was not able to convincingly provide explanation for consumption, as buyers' tastes have been evolving, the same applies for the phenomena who's the entire variables could account for excluded locality. More to the point, the characteristics of meat and seafood products were based on high growth, seasonality, and perishability, which led to questioning the economic nature of such goods: inferior or normal goods and the fluctuation of demand according to variations in these factors. Nonetheless, by including preferences therein in line with traditional tools, the hypothesis of social diversities or the one related to lifestyles with two hypotheses attempt to provide explanation for the formation of preferences in terms of their purchase: The generation effect and the regional "pattern" often using statistics and the model [8,12,16].

1.2.- Methodology

In fact, sheep have often been raised in economically vulnerable regions such as the pre-Saharan and highland areas, including the region of Tiaret. In this environment, the main components of the climate (rainfall, temperatures) are very variable during the year and the grass has shown to be scattered and in continuous decline [4,3]. Besides, the sheepmeat is part of a traditional market organisation, so the central government does not give support to for private storage, but resorts to support measures for animal feed and vaccination in case of appearance of animal diseases, or to exceptional import instruments if there would be high demand, particularly at festive times [18]. On the other hand, the market surveillance has not been effective, with a lack of a system for reporting prices, production, and trade information. As consequence, this has led to a voluntary classification system for live sheep and their carcasses and insufficient short- and medium-term production of reports on general prospects (purchase, production, and prices), trends, progress and expectations including activity.

In the region, for the purpose of attempting to establish the relationships between the consumption of sheepflesh and the independent variables, an implemented methodology was based on a survey during the period June-July-August 2020 of 316 households (152 for Hamadia, a rural area, and 164 for the urban area of Tiaret in the region of Tiaret). Above and beyond, random sampling around the markets in both locations has given such a signification that everyone in the population had a known, non-zero probability of belonging to the sample. In this respect, the households all had the same probability of being selected for the sample, their probability was a constant, and the 316 individuals have "constituted with conviction a realistic representation of knowledge on this particular issue" [12]. In virtue of which, this procedure was based on a microeconomic approach all the way through introducing the Keynesian consumption function into the Excel software, which generated an equation for expenditure as a function of income and along with the consumption one, thus making it possible to reveal or not an inequality in behaviours.

2.- Results of the surveyed individuals in the two localities

2.1.- Personal data and socio-professional categories of the surveyed population

As being observed from one area to another, the socio-demographic disparities were of remarkable significance. In this respect, several young couples lived with their

parents (9.76% in Tiaret and 14.47% in Hamadia). Therefore, the approach would have allowed the day-to-day expenses to be shared and would have reduced precariousness and social pressure (tab. I). However, figure 1 shows the socio-professional categories of the sample and the representativeness thereof in the two different localities. Indeed, more employees (62.80%), tradesmen (09.15%) and higher professions (02.44%) were found in the town than in the countryside (34.87%, 03.95 and 02.44% respectively). Likewise, other socio-professional characteristics specific to each locality were the rates of farmers, business owners, those unemployed individuals, retired people, and skilled workers.

Table I.- Social and demographic data of surveyed individuals in the two localities

Independent variables	Personal data	Tiaret		Hamadia		Tiaret + Hamadia	%
		Members	%	Members	%		
Gender of the head of household	Female	50	30,49	15	9,87	65	20,57
	Male	114	69,51	137	90,13	251	79,43
	Total	164	100	152	100	316	100
Age of the head of the family	15 and 29 years old	3	1,83	3	1,97	6	1,9
	30 and 44 years old	92	56,1	57	37,5	149	47,15
	45 and 59 years old	53	32,32	56	36,84	109	34,49
	> 60 years old	16	9,76	37	24,34	53	16,77
	Total	164	100	152	100	316	100
Level of education	Illiterate	1	0,61	6	3,95	7	2,22
	Primary level	7	4,27	28	18,42	35	11,08
	Secondary level	88	53,66	84	55,26	172	54,43
	University level	68	41,46	34	22,37	102	32,28
	Total	164	100	152	100	316	100
Size of household	01 room household	14	8,54	16	10,53	30	9,49
	02 rooms household	20	12,2	22	14,47	42	13,29
	03 rooms household	77	46,95	58	38,16	135	42,72
	04 rooms household	20	12,2	23	15,13	43	13,61
	05 rooms household	15	9,15	18	11,84	33	10,44
	More than 05 rooms	18	10,98	15	9,87	33	10,44
	Total	164	100	152	100	316	100
Type of house	With family	16	9,76	22	14,47	38	12,03
	Corporate housing	2	1,22	2	1,32	4	1,27
	House	56	34,15	73	48,03	129	40,82
	Apartment	87	53,05	53	34,87	140	44,3
	Villa	3	1,83	2	1,32	5	1,58
	Total	164	100	152	100	316	100

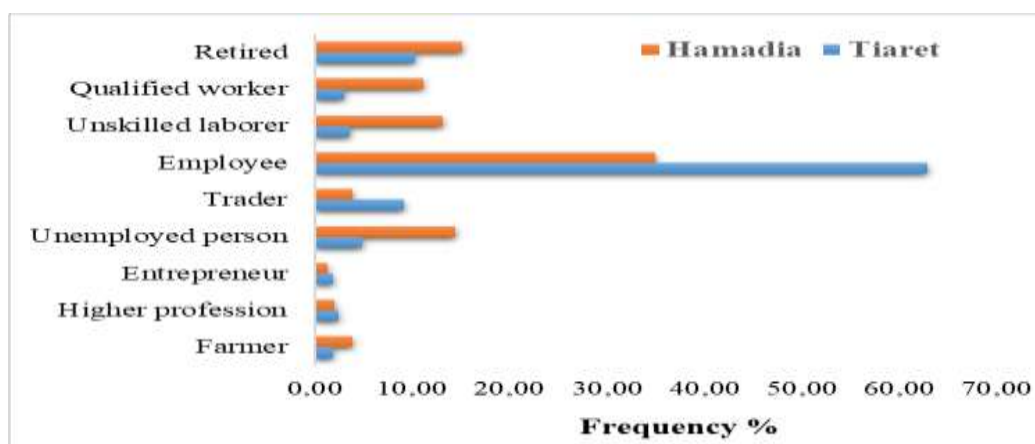


Figure 1.- Socio-professional categories in the municipalities of Hamadia and Tiaret

2.2.- Monthly household income

The reported monthly income ranged from 0 DZD to more than 160,000 DZD per month, with a common average of 06.01% falling in the category of [80,000 – 160,000 DZD]. While the low budget bracket [0<20,000 DZD] has shown to be largely abundant in the rural locality (40% vs 11%), it was the lower-middle, upper-middle- and higher-income brackets that were dominant among urban residents (Tiaret), at 48%, 35% and 07% respectively (fig. 2).

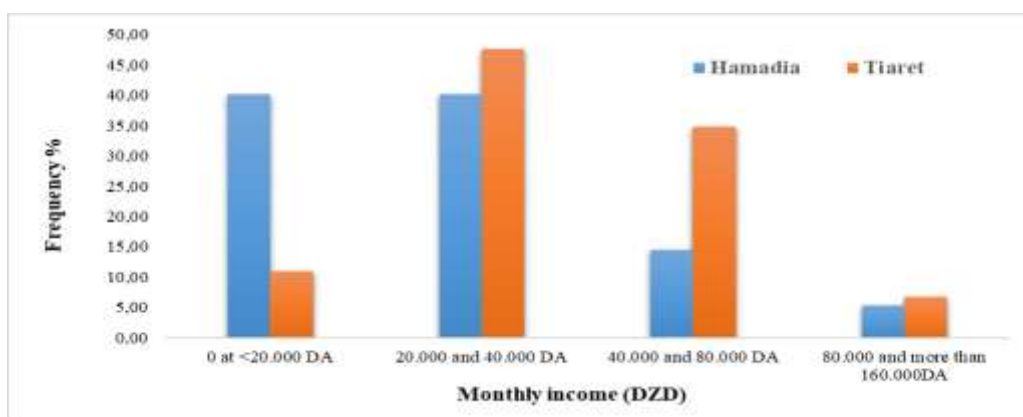


Figure 2.- Monthly household income in the municipalities of Hamadia and Tiaret

2.3.- Expenses for the purchase of mutton by monthly income and by household

Figures 3 and 4 describe that for Hamadia and Tiaret, on average 37.50% and 23.17% of surveyed individuals did not buy sheepmeat. It concerns rural households that spent less money on this kind of food: less than 1,000 DZD (27.63%), whilst it was only 12.17% in urban households. Nonetheless, when expenditure was equal to or greater than 1,000 DZD/month, surveyed individuals were in the majority in the urban locality.

Formulation of the functions of purchase expenses and meat consumption quantities Which means that $y =$ linear equation of sheepflesh consumption expenses per household and according to monthly income, y_1 for Tiaret and y_2 for the municipality of Hamadia (fig. 5)

$y_1 = 0.0142x + 749.37$ with x = monthly income and 0.0142 represented the average propensity of expenses on mutton for the municipality of Tiaret.

$y_2 = 0.0107x + 688.09$ with x = monthly income and 0.0107 represented the average propensity of expenses on sheepmeat for the municipality of Hamadia.

The regression lines ($y_1 = 0.0142x + 749.37$ and $y_2 = 0.0107x + 688.09$) have shown to be positive. In virtue of which, this assumes that there was a relatively increasing linear relationship between income and meat purchase expenses; in other words, as income increased, meat consumption expenses almost increased for both areas. As consequence, the regression curves indicated correlations between the purchase expenditures on mutton and income, with highly significant correlation coefficients $R^2 = 0.8849$ for Tiaret and $R^2 = 0.7997$ for the municipality of Hamadia, but in favour of the urban residents. Moreover, 76.83% of urban surveyed individuals from the city and 62.5% of rural surveyed individuals have consumed sheepmeat.

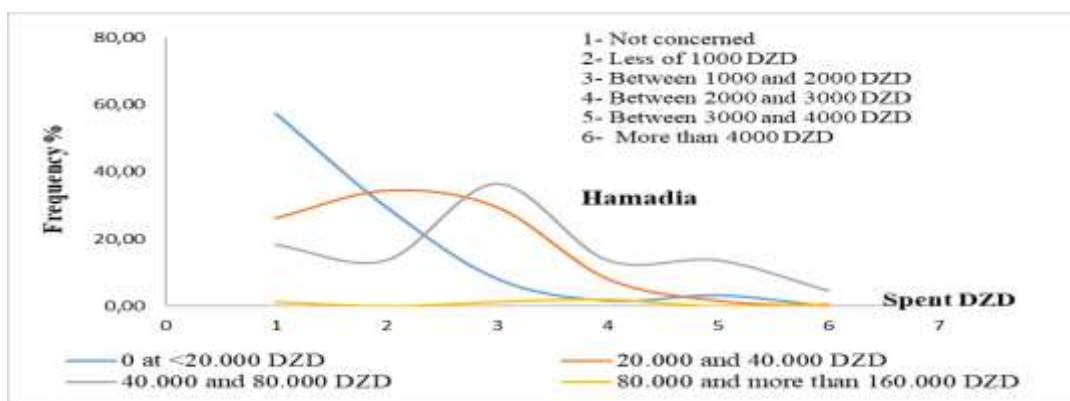


Figure 3.- Expenses for the purchase of sheepmeat by monthly income in Hamadia

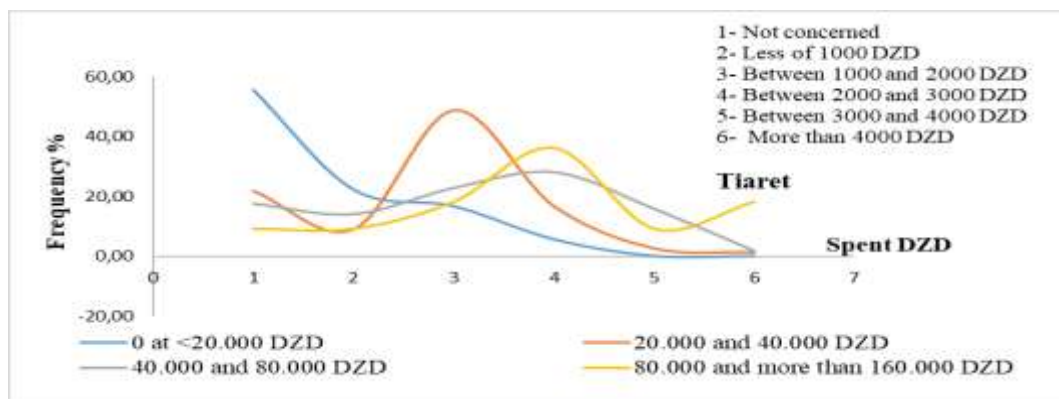


Figure 4.- Expenses for purchase of mutton by monthly income in the municipality

Which means that y' = linear equation of the quantities of mutton consumption per household according to monthly income, y'_1 for Tiaret and y'_2 for Hamadia (fig. 6).

$y'_1 = 0.0164x + 228.33$ has shown to be positive for the municipality of Tiaret showing a strong correlation ($R^2=0.99$) as in Hamadia an equation

$y'_2 = 0.0131x + 503.76$ has alike shown to be positive for Hamadia showing a strong correlation ($R^2 = 0.81$). For both areas, if incomes would increase, the volumes of meat destroyed by households will relatively increase, but always to the detriment of countryside.

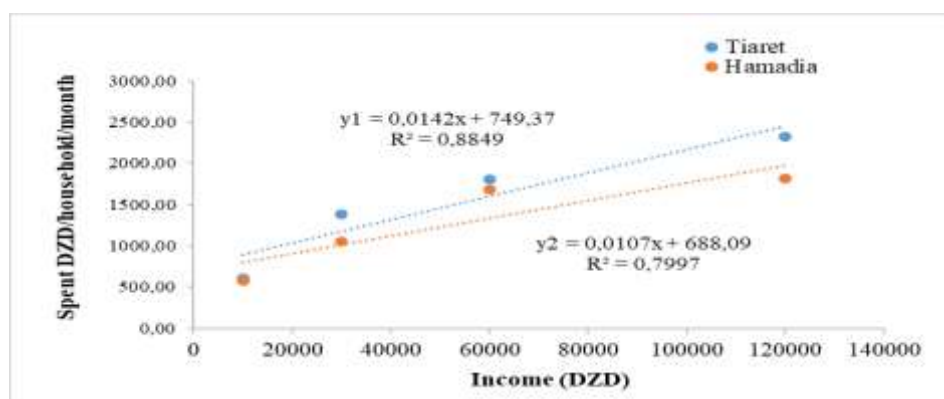


Figure 5.- Equation of sheepmeat consumption expenses (Tiaret and Hamadia)

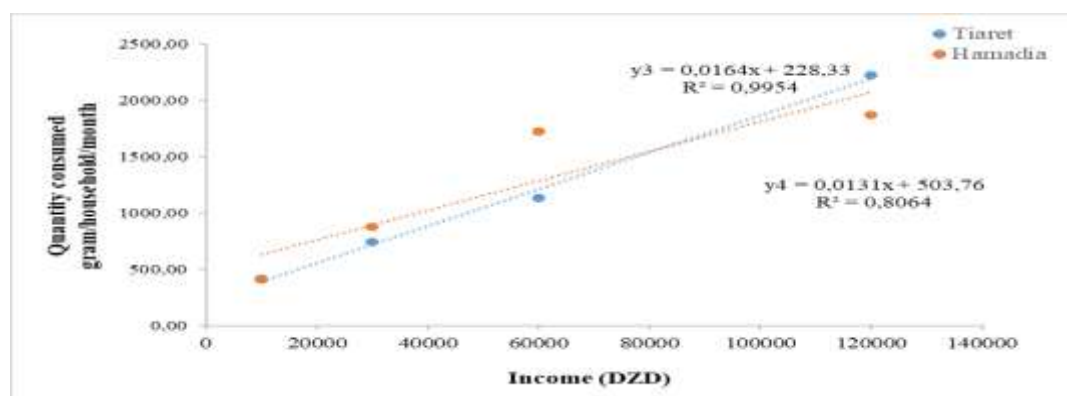


Figure 6.- Linear equation of the purchase quantities of sheepmeat (Tiaret and Hamadia)

3.- Discussion

The inclusion of the location, like the climate elsewhere, in the variable of preferences, combined with the use of structural socio-demographic variables, had shown to be an original way of complementing the understanding of the complex phenomenon of consumption that the objectivity of good usage would only constitute as an avatar. Based on the independent variables described the disparities in behaviour observed between the city and countryside were of significant significance. Consequently, preferences had not only been referring to taste, but alike to climate and location. For instance, if an individual lives where there is no food of his taste, he might develop his own preferences for another food.

Naturally, a locality is characterised by its climate being accepted as a factor of determination of the households' consumption and the price of sheep, in terms of seasonal purchase and seasonal prices [3,9,16,18-20]. Then, it appears that it is through such independent variables complementary to the economic ones that understanding would be best achieved. Accordingly, it has then pushed the limits of a pure economic analysis of consumption behaviours [16,8].

Indeed, the survey of households revealed that mutton held an exceptionally important place in the food supply of households, whether they were urban or rural; it effectively was consumed by 76.83% of households in Tiaret and 62.5% in Hamadia. Besides, sheepmeat has rightly been a constant in the food supply of all populations in the

entire determined locations. However, it is representing a phenomenon that affects several products across all localities [13,16,21,22].

Nevertheless, economists do not, strictly speaking, attempt to provide explanation for the preferences of individuals, as they present the fulfilment of psychological and historical forces, including culture together with religion, which go beyond the scope of economics. As an alternative, economists' study what happens when preferences change or how preferences change according to locality or season [3,7,9,11,18]. Above and beyond, in the survey, sheepflesh was consumed by households with a distinction in living standards, marking a significant difference. On the other hand, as incomes increased, the quantity of meat purchased will relatively increase, with low-income surveyed individuals have rarely been consuming meat, as per highlighted by several analyses [1,10,13,16,23].

Conclusion

In the light of the facts set out above, the socio-demographic structural characteristics, sources of income and preferences, inclusive of the households' place of residence, are not isolated from their cultural heritage and form a set of determinants that provide full explanation for the consumption phenomenon. In this respect, meat has been identified to be a necessity and all these factors influence meat budgeting actions. However, beyond this understanding, other criteria should naturally be integrated into the preferences, in respect such as sustainability, very unhealthy occupations, quality of life and health. After which, there would remain a necessity for the definition of agricultural policies focusing on such determinants.

Reference

- [1].- National Office of Statistics, NOS, 2021- Consumer Price Index 2011-2020. Statistical Collections No. 219/2021. Series E: Economical Statistics No.106. Algiers: NOS, 64 p.
- [2].- Elbouyahiaoui R., 2017- Morphogenetic characteristics and zootechnical performance of the sheep breed "Tazegzawt" endemic to Kabylie. National Agronomic School of El Harrach – Algiers; PhD thesis in Agronomic Sciences, 75p.
- [3].- Atchemdi K.A., 2008- Impact of climatic variations on the price of sheep in the wholesale market of Djelfa (Algeria), *Agricultural Cahiers*, 17, 1: 29-37.
- [4].- Ministry of Agriculture and Rural Development, MARD., 2017- Agricultural statistics. Algiers: MARD, 33p.
- [5].- Bessaoud, O., Pellissier, J.P., Rolland, J.P., Khechimi, W., 2019- A synthesis report on agriculture in Algeria. Ciheam-Iamm.hal-02137632f, 82 p.
- [6].- Fouquet A., 1970- The demand for meat increases unevenly. *Economics and Statistics*, 18: 41-46
- [7].- Mankiw G.N., Taylor M.P., 2011.- Economics, 2nd edition, Ed. South-Western Cengage Learning, 928p.
- [8].- Guillotreau P., Perraudau Y., Sekulic I., 2002- Consumption, demand, utility and lifestyle hypothesis: the case of seafood products in France. University of Nantes, Len-corrail, 25 p.

- [9].- Cotelette P., 2013- Consumption and savings. *Economic and Social Ideas*, 4, 174: 41-50.
- [10].- Keita M., 2015.- Elements of macroeconomics. MPRA Paper, 67094, 114 p.
- [11].- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, 1997.- Programme. "Food in the Cities" Summary of the papers and discussions of the FAO-ISRA sub-regional seminar. Supply and distribution of food in French-speaking African cities, Dakar, 14th-17th April.
- [12].- Amadou Z., 2021.- Econometric analysis of the determinants of food consumption in the Municipality of Tahoua in Niger. March 2021 in IAV.
- [13].- McMillin K.W., Brock A.P., 2005.- Production practices and processing for value-added goat meat. Goat Species Symposium: Export Potential, Market Outlook, and Value-Added Processing. *Journal of Animal Science*, 83, 13: 57-68.
- [14].- Villieu P., 2008.- Macroeconomics, consumption and savings. Collection «Repères», number 215. Paris: « La Découverte »
- [15].- Institute of Livestock, IDELE, 2021.- Ovine Annual Report – Year 2020 Perspectives 2021 No.519 April 2021. France: Livestock Economics Group LEG (Institute of Livestock), 39 p.
- [16].- Bett H. K., Musyoka M. P., Peters K. J., Bokelmann W., 2012.- Demand for Meat in the Rural and Urban Areas of Kenya: A Focus on the Indigenous Chicken. *Economics Research International*, 10 p.
- [17].- Brembeck H., 2004.- Elusive Consumption, Berg, New York, p1.
- [18].- Belkhiri F., Ouali M., Atchemdi K. A., 2015.- Effects of Natural and Market Risks Management on Results of Steppe Breeding System in Algeria. *An International Refereed Research Journal. Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 11, 2: 461-481.
- [19].- Brooks P. M., Anderson J. L., 1991.- Effect of retail pricing, seasonality, and advertising on fresh seafood sales. *Journal of Business and Economic Studies*, 1: 55-68.
- [20].- Cheng H., Capps O., 1988.- Demand analysis of fresh and frozen finfish and shellfish in the United States. *American Journal of Agricultural Economics*, 70: 42-533.
- [21].- Zubiria L., 2021.- Food. The sheep: cooking, differences with lamb, best cuts Dietetics-Nutrition. France: Passeportsante, 9p. <https://www.passeportsante.net/fr>
- [22].- Casey N.H., Webb E. C., 2010.- Managing goat production for meat quality. *Small Ruminant Research*, 89, (2010), 218-224 doi:10.1016/j.smallrumres.2009.12.047. 06/11/2021
- [23].- Omrani R., Atchemdi K. A., 2020.- Competitiveness of sedentary sheep fattening models in the Algerian steppes – Case of Hassi Bahbah. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 9,1: 29-45. <http://revues.univ-ouargla.dz/index.php/>

IDENTIFICATION ET CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DES ARTEMIA DU MILIEU SAHARIEN: CAS DE LA REGION DE OUARGLA

HIDOUCI Sabrina¹, GHOMARI Sidi Mohammed², MAAMRI Ibtihaj¹ et OTHMANI Imane¹

⁽¹⁾Université de Ouargla, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Département des sciences biologiques, 30000 Ouargla, Algérie

⁽²⁾Laboratoire de technologie alimentaire et nutrition, Université de Mostaganem,
27000 Mostaganem, Algérie

E-mail: bioannaba@yahoo.fr

(Received 22 March 2022 - Accepted 12 June 2022)

Résumé.- L'objectif de la présente étude est d'évaluer la valeur nutritive de l'Artemia collecté au niveau d'un drain situé dans la région sud de la ville de Ouargla. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau ont été étudiées in situ mensuellement de novembre 2016 à mars 2017. Les échantillons d'Artemia destinés à l'étude biochimique, ont été triés selon leurs stade de développement, taille et poids mesurés, identifié, puis stockés à -20°C. Les protéines et les lipides ont été déterminés respectivement selon la méthode de Bradford et de Folch. La température de l'eau du drain, fluctue entre 15°C et 25°C. La salinité varie entre 65,22 et 71 g/L. Le pH varie entre 3,78 et 8,43. L'oxygène dissous varie entre 3,49 et 4,77 mg/l. Il a pu être identifier l'espèce peuplant le drain de Ouargla, qu'il s'agit de l'Artemia parthenogenetica diploïde signalée pour la première fois à Ouargla. La taille moyenne des mâles et femelles sont respectivement de $8,20 \pm 1,16$ et $13,40 \pm 2,15$ mm. Pour les Nauplius est $197,14 \pm 23,22$ µm. Le taux moyen des protéines chez les mâles d'Artemia est de $75,41 \pm 28,59$ mg/l. Chez les femelles est de $62,23 \pm 4,66$ mg/l, chez les nauplius, on enregistre $40,83 \pm 18,77$ mg/l. En effet l'étude de la composition biochimique des femelles, des mâles et nauplius d'Artemia peuplant le drain de Ouargla, a permis de dégager l'importance nutritionnelle; ce qui indique que cette espèce est apte à être exploiter en aquaculture.

Mots clés: Artemia, identification, qualité nutritionnelle, drain, Ouargla.

IDENTIFICATION AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ARTEMIA FROM THE SAHARAN ENVIRONMENT: CASE OF THE OUARGLA REGION

Abstract.- The objective of this study is to assess nutritional value of Artemia collected from a drain located in the southern region of Ouargla. Physicochemical characteristics of water drain were studied in situ monthly from November 2016 to March 2017. Artemia samples intended for biochemical study were sorted according to their stage of development, size and weight measured, identified, then stored at -20°C. Proteins and lipids were determined respectively according to the method of Bradford and Folch. Water temperature of drain fluctuates between 15°C and 25°C. Salinity varies between 65.22 and 71 g/L. pH varies between 3.78 and 8.43. Dissolved oxygen ranges between 3.49 and 4.77 mg/l. We have been able to identify the species inhabiting the Ouargla drain, it is the diploid Artemia parthenogenetica reported for the first time in Ouargla. The average sizes of males and females are respectively 8.20 ± 1.16 and 13.40 ± 2.15 mm. For Nauplius is 197.14 ± 23.22 µm. The mean protein level in male Artemia is 75.41 ± 28.59 mg / L. In females is 62.23 ± 4.66 mg/l, and in nauplius is 40.83 ± 18.77 mg / L. Definitely, the study of the biochemical composition of females, males and *Artemia* nauplius inhabiting Ouargla drain has made it possible to identify the nutritional importance; which indicates that this species is suitable to be exploited in aquaculture.

Key words: Artemia, identification, nutritional quality, drain, Ouargla.

Introduction

En aquaculture, la qualité et la quantité de l'aliment utilisé pour le nourrissage des larves des différentes espèces d'intérêt commercial est un aspect de grande importance. Car la larve, après la résorption de son sac vitellin qui lui proportionne les besoins protéiques pour son développement durant les premières 24 heures de sa vie, elle commencera une alimentation exogène [1].

De nombreuses études ont été effectuées sur la nutrition larvaire chez des poissons marins et d'eau douce [2-11]. Parmi les aliments vivants utilisés en larviculture de poissons et de crustacés sont les nauplii d'Artemia par excellence [12].

L'Artemia est un crustacé vivant en eau salée ou saumâtre. elle est considérée comme un aliment de qualité pour les larves de poissons, car elle contient tous les nutriments nécessaires à un bon développement [13]. La littérature rapporte que la composition des nauplii varient considérablement, allant de 37 à 71% de protéines, 12 à 30% de lipides, 11 à 23% de glucides et 4 à 21% de cendres. Les valeurs pour les adultes sont de 50 à 69% de protéines, 2 à 19% de lipides, 9 à 17% de glucides et 9 à 29% de cendres [14,15].

De ce fait, l'intérêt a été porté sur la recherche et l'exploitation de ce crustacé dans les milieux naturels, et ce depuis la découverte de sa valeur nutritionnelle élevée [16].

Les nauplii d'Artemia représentent un chaînon trophique indispensable pour nourrir plus de 80% des alevins des poissons et des larves de crustacés. Cela est dû à la disponibilité, à la simplicité et à la valeur nutritionnelle par rapport à d'autres aliments [17]. En plus les Nauplii d'Artemia sont considérés comme un aliment approprié qui peut être facilement stocké et manipulé et obtenu seulement après 24 heures d'incubation à partir des cystes [18]. Ils sont de petite taille (173-207µm) parfaitement convenable pour la taille buccale des larves fragiles [19].

Des études ont confirmé que la farine d'Artemia pouvait être utilisée comme source de protéines dans le régime du poulet de chair [20,21], L'utilisation d'Artemia n'est pas limitée uniquement à des fins nutritionnelles, son utilisation a été étendue au domaine de la médecine [22].

L'augmentation de la demande des cystes d'Artemia attire l'attention sur toutes les populations et peut contribuer à l'approvisionnement local ou à l'exportation.

L'Algérie dispose d'un grand nombre de biotopes pouvant abriter l'Artemia, spécialement au niveau des zones humides, plusieurs études ont été effectuées dans différentes régions du pays [23-25] respectivement à chott marouane, sebkhet Ez-zemoul et El behira, à l'ouest algérien [26].

Dans ce contexte vient s'insérer l'étude qui a pour objectifs: L'identification de l'Artemia existante dans un plan d'eau à Ouargla et l'évaluation de sa valeur nutritive pour une éventuelle exploitation en aquaculture.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Présentation du site d'étude

Des échantillons d'eau et d'Artémia ont été prélevés au niveau du drain principal de la zone de Bamendil de Ouargla (fig. 1). Ce drain se situe sur la périphérie de la ville et des palmeraies ($31^{\circ}57'58''$ N, $5^{\circ}17'19''$ E), il s'étend sur une longueur totale de 13600 m environ, sa profondeur varie de 1,5 à 2 m, avec une pente qui varie entre 1 et 2% [27].

Ce collecteur a pour objectif de drainer toutes les eaux excédentaires d'irrigation et eaux pluvial et de rabattre la nappe phréatique.



Figure 1.- Photo satellite montrant le site d'échantillonnage "drain principal"

1.2.- Echantillonnage

Cinq campagnes d'échantillonnage d'eau et d'Artémia ont été effectuées de novembre 2016 à mars 2017.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau ont été mesurés mensuellement à l'aide d'un multi-paramètre de type HORRIBA *in situ*, il s'agit de la température ($^{\circ}$ C), la salinité (g/l), le pH et l'oxygène dissous (mg/l).

Les échantillons d'Artémia destinés à l'étude biochimique ont été prélevés à l'aide d'une pissette. Ces échantillons ont été triés selon leurs stades de développement (adulte mâle et femelle, nauplius), leurs sexe (mâle, femelle), leurs tailles et leurs poids, La longueur moyenne des Artémias a été mesurée à l'aide d'un microscope munie d'un micromètre gradué selon la méthode de Lavens et Sorgeloos [19]. Le poids moyen a été mesuré à l'aide d'une balance de précision de type pioneer. Après les mesures biométriques les échantillons ont été stockés à -20° C pour éviter tout risque de dégradation et d'oxydation des protéines et des lipides.

La composition protéique de chaque stade de développement d'Artémia a été déterminée selon le protocole de Bradford [28] avec un étalon d'albumine (BSA). Par ailleurs, les teneurs en lipides totaux ont été déterminées selon la méthode de FOLCH [29] modifiée par CHRISTIE (1989).

1.2.- Analyses statistiques

Les résultats des différents paramètres sont représentés par la moyenne $\pm$ l'écart type. Les paramètres biochimiques mesurés chez l'Artémia ont été testés en utilisant l'analyse de variance (ANOVA) afin de rechercher l'effet sexe, stade de développement et facteur temps. Les différences significatives ont été établies au niveau $p < 0,05$.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 20 (2011).

2.- Résultats et discussion

2.1.- Paramètres physico-chimiques

La température des eaux du drain, fluctue au cours de la période d'étude, en effet, on enregistre la plus faible valeur de 15°C en Janvier 2017, la plus forte voisine de 25°C a été observé en Mars 2017, avec une moyenne de $18,89 \pm 3,30^\circ\text{C}$. Les températures enregistrées suivent la température atmosphérique.

En ce qui concerne la salinité; elle montre de petites variations temporelles et enregistre une moyenne de $68,93 \pm 2,02$ g/L, ces valeurs élevées indiquent que l'eau du drain est hyper saline.

Le pH varie entre 3,78 et 8,43, cette acidité des eaux est probablement dû à un rejet accidentel d'effluents. Quant à l'oxygène dissous, il varie entre 3,49 et 4,77 mg/l avec une moyenne de $4,20 \pm 0,52$ mg/l (tab. 1).

Tableau I.- Valeurs enregistrées des paramètres physico-chimiques des eaux du drain

	Température (°C)	Salinité (g/L)	pH	Oxygène dissous (mg/l)
Nov 2016	19,33	65,22	8,43	3,66
Déc 2016	17,27	68,43	3,78	3,49
Jan 2017	15,70	70	7,78	4,46
Fev 2017	17,07	70,20	7,67	4,63
Mars 2017	25,09	71	6,25	4,77
Moyenne et écart-type	$18,89 \pm 3,30$	$68,97 \pm 2,05$	$6,78 \pm 1,66$	$4,20 \pm 0,52$

2.2.- Densité de l'Artémia

De Novembre 2016 à Mars 2017, il est dénombré 10171 individus d'Artémia, entre mâle, femelle et nauplius. Les femelles dominent (sex-ratio = nombre de mâles/nombre de femelles = 0,10) avec un nombre total de 8572 individus, suivi par les mâles (909 individus),

enfin les nauplius avec 690 individus (fig. 3).

Des variations du nombre d'individus au cours de la période d'étude ont été observées, on enregistre le nombre le plus faible en Décembre 2016 avec seulement 10 ind./L pour les femelles, 3 ind./L pour les mâles et 5 ind./L pour les nauplius, ces faibles valeurs correspondent probablement au pH bas enregistré au même mois, les eaux à tendance acide pouvaient être à l'origine de cette basse densité. C'est en Mars 2017, qu'on observe le maximum de femelles avec 5023 ind./L et 366 ind./L de mâles. Le pic chez les nauplius a été observé en Février 2017 avec 360 ind./l (fig. 2).

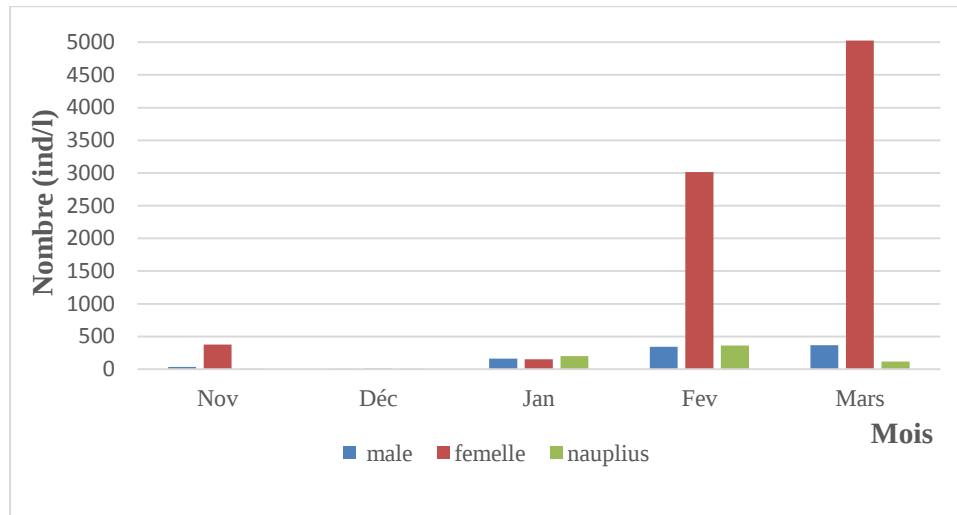


Figure 2.- Nombre d'individu d'*Artémia* collectée au cours de la période d'étude

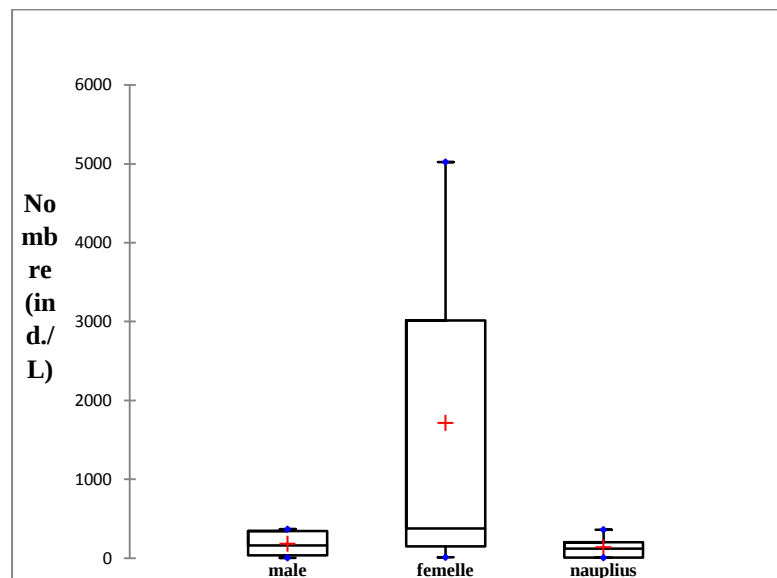


Figure 3.- Densité d'*Artémia* collectée dans les eaux du drain principal à Ouargla

Il est remarqué que dans les eaux du drain de Ouargla, la présence de l'*Artémia* en densité importante, car selon LAVENS *et al.* (1986) [30], une densité naturelle de 100 ind./L

est considérée comme étant très élevée. Elle est nettement supérieure à celle enregistrée par AMROUAYACHE *et al.* (2010) [24], dans le sebkhet Ez-Zemoul avec un maximum de 56 ind./l.

2.3.- Identification, biométrie et biomasse des individus d'*artémia*

L'observation au microscope a permis d'identifier l'espèce qui peuple le drain de la région de Ouargla, il s'agit de l'*Artemia parthenogenetica* diploïde signalée pour la première fois à Ouargla. En ce qui concerne les résultats de mesures biométriques et de biomasses sont représentés dans le tableau II.

Tableau II.- Taille et poids des individus d'Artémia (n = 100) échantillonné dans le drain principal de Ouargla.

Individus	Taille	Poids
Mâle	8,20 ± 1,16 (mm)	4,10 ± 0,79 (mg)
Femelle	13,40 ± 2,15 (mm)	11,70 ± 2,80 (mg)
Nauplius	197,14 ± 23,22 (µm)	-

La taille des femelles d'Artémia est plus grande que celle des mâles, cette évolution a été signalée dans plusieurs travaux rapportées dans la littérature ce qui est commun chez ce crustacé [31,32].

La comparaison de la taille des femelles d'Artémia de la région de Ouargla avec celle de la saline de Bethioua, montre des différences importantes. En effet, les femelles de Bethioua enregistrent une taille moyenne inférieure de 11.65 ± 0.98 mm [32], ceci est dû probablement aux facteurs environnementaux (salinité et matière trophique) [33-35]. Cette population d'Artémia qui pourrait être ramenée par les oiseaux migrateurs vecteurs, peut être considérée parmi les plus grandes dans la région méditerranéenne [23,36,37].

En revanche les nauplius sont de taille plus petite par rapport à ceux des salines de bethioua à l'Ouest Algérien avec une taille moyenne de 562,24 ± 75,32 µm [38]. Et ceux de Chott Marouane (428,7 µm) [11], de Sfax en Tunisie (422,2 µm) [39] ainsi que celles de San Francisco Bay et de Great Salt Lake qui représentent les souches les plus utilisées en aquaculture (428 µm et 489 µm, respectivement) [40], laisse présumer que les nauplii de la souche du drain de Ouargla présente une taille appropriée pour leur utilisation en larviculture. En ce qui concerne la biomasse des individus, il n'a pu être pesé que les adultes; les femelles ayant un poids moyen de 11,70 ± 2,80 mg, les mâles 4,10 ± 0,79 mg.

2.4.- Paramètres biochimiques

2.4.1.- Dosage des protéines

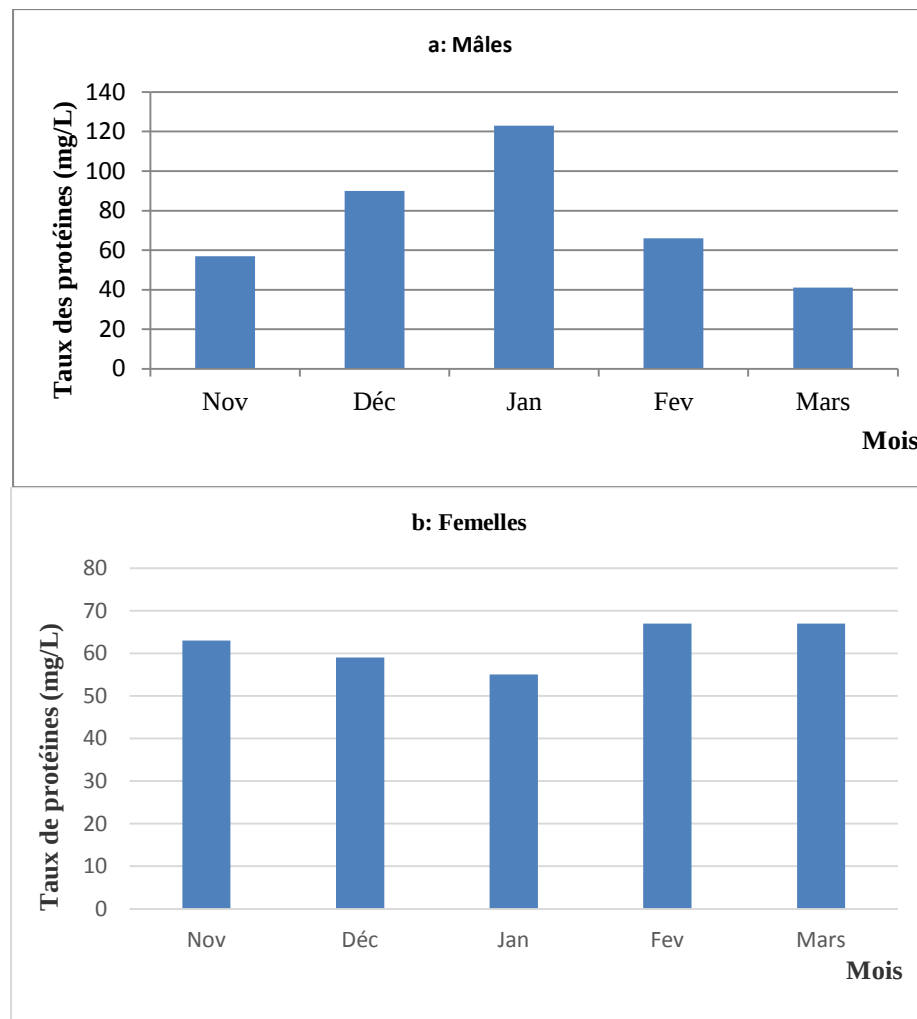
Les concentrations des protéines chez les mâles d'Artémia montrent une variation croissante de Novembre 2016 à Janvier 2017, où il est observé un pic de 123 mg/l, puis décroît jusqu'à atteindre 41 mg/l en Mars 2017 (fig. 4a), avec un taux moyen de 75,40 ± 28,59 mg/l. Chez les femelles, il est observé peu de variations en fonction du temps d'étude. Il est

enregistré une valeur minimale en Janvier de 55 mg/l, le maximum a été enregistré en Février soit 67 mg/l (fig. 4b), la concentration moyenne est de $62,20 \pm 4,66$ mg/l.

En ce qui concerne les nauplius, les concentrations des protéines présentent des variations croissantes de Novembre 2016 à Février 2017, avec un maximum de 74 mg/l. puis le taux chute en Mars 2017 et atteint 42 mg/l (fig. 4c), la moyenne est de $40,80 \pm 18,77$ mg/l.

Le taux des protéines ne montre aucune différence significative entre les mâles et les femelles ($p = 0,38$), cependant, une corrélation négative en fonction du temps ($r = -0,92$), est remarquée. Le taux des protéines est significativement supérieur chez les individus adultes que chez les nauplius ($p = 0,03$) (fig. 5).

Les concentrations des protéines des Artémia de la région de Ouargla sont supérieures à celle de la région de Bethioua (5.69 ± 0.98 mg/l) chez des adultes [38], et elle sont comparables à celles de Great Salt Lake pour les nauplius (41-47 mg/l) [40].



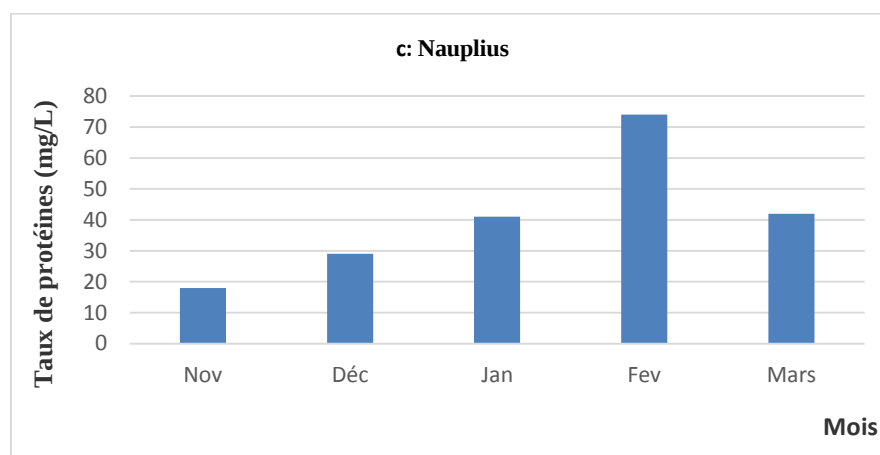


Figure 4a,b,c.- Variation des taux de protéines chez l'Artémia (a: mâle; b: femelle; c: nauplius)

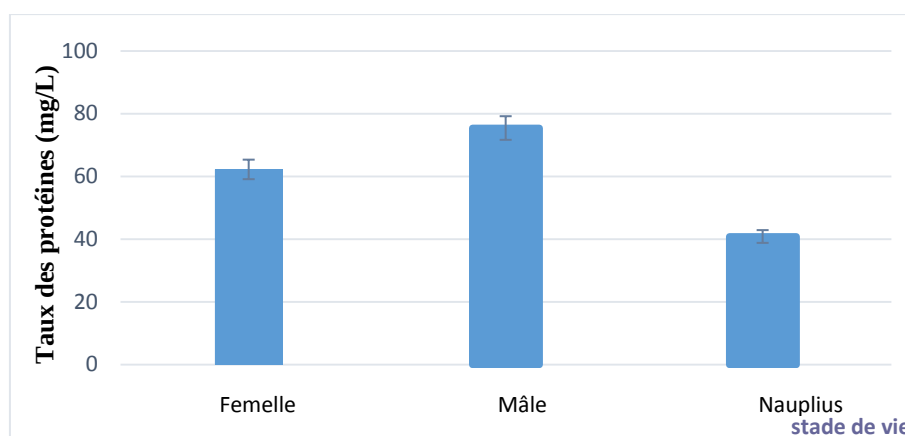


Figure 5.- Variations des taux de protéines chez l'Artémia en fonction du stade de vie

2.4.2.- Dosage des lipides

Chez les mâles, la concentration des lipides suivent une évolution inverse que celle des protéines, on enregistre en Novembre 25 mg/l, ce taux chute en Janvier jusqu'à 14,3 mg/l, pour s'élever à nouveau et atteindre 35mg/l en Mars (fig. 6d).

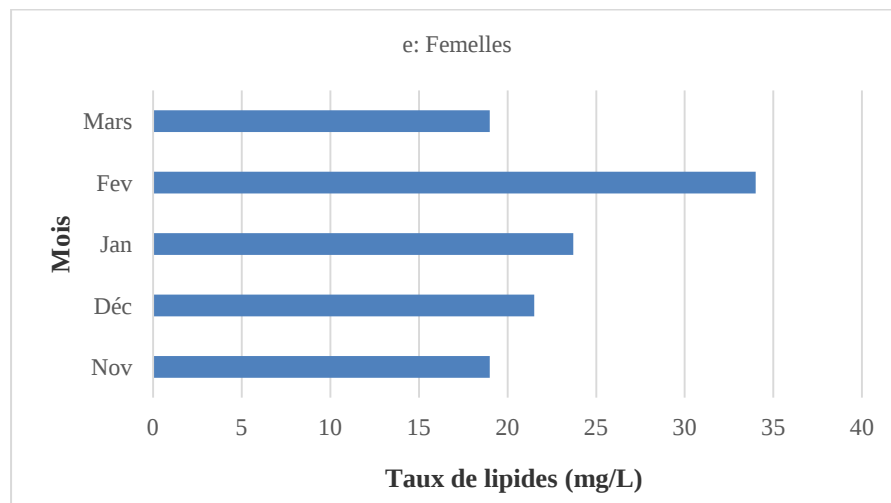
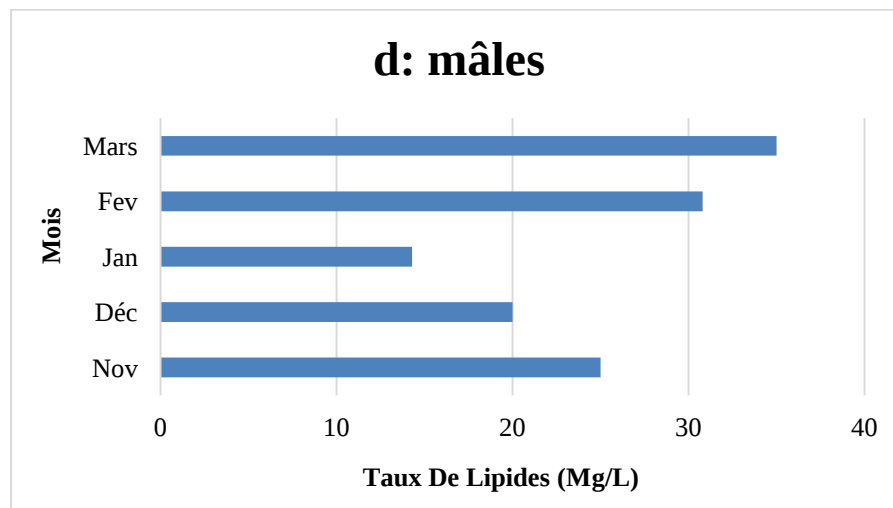
Chez les femelles, on observe en Février 2017 un pic de 34 mg/l, le minimum a été enregistré en Novembre 2016 et Mars 2017 avec une valeur de 19 mg/l (fig. 6e), le taux moyen des lipides enregistré est de $23,44 \pm 5,56$ mg/l.

En ce qui concerne les nauplius, des variations croissantes ont été observés sur les taux de lipides au cours de la période d'étude où on enregistre la valeur la plus faible en Novembre de 2 mg/l, la plus élevée est de 51 mg/l (fig. 6f), avec un taux moyen de $23,68 \pm 19,25$ mg/l.

Le taux de lipides chez l'Artémia du drain est approximativement similaire chez les différents stades de vie ($p = 0,94$), aucune différence significative n'a été observée également entre les mâles et les femelles, de même entre les mois d'études ($p = 0,74$) (fig.7).

Les taux de lipides mesurés chez l'Artémia du drain de Ouargla peuvent être liée aux facteurs environnementaux tel que la température et disponibilité trophique, car plusieurs études ont montré que la composition en acides gras d'un animal reflétait, en grande partie, la nature de l'alimentation ingérées [41-44].

Les lipides sont considérés parmi les principaux constituants biochimiques de la matière vivante. Les valeurs trouvées chez l'Artémia du drain de Ouargla sont sensiblement inférieures à celles trouvées par Belayachi et Belhadj, ainsi que Selselet et *al.* [32, 45], dans les populations de Rélizane et de Bethioua. Les expériences faites avec des Artémias de différents sites géographiques ont révélé des différences de la valeur nutritionnelle entre les différentes populations en raison des fluctuations de la composition biochimique des producteurs primaires (principalement les algues unicellulaires) disponibles pour la population [14, 46, 47].



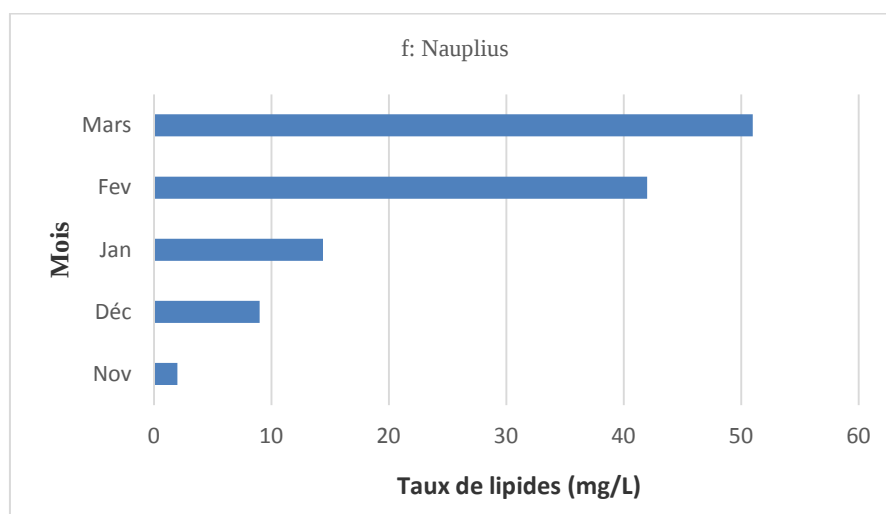


Figure 6.- Variation des taux de lipides chez l'Artemia, (d: mâle; e: femelle; f: nauplius)

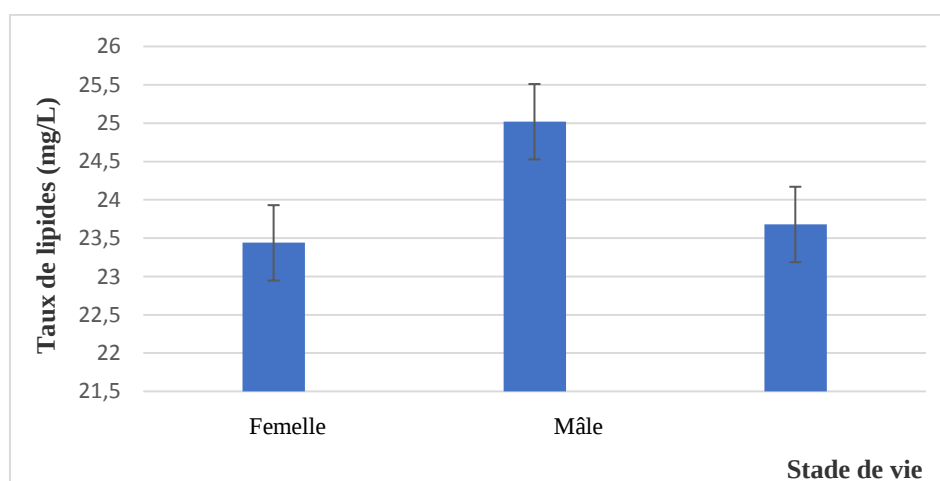


Figure 7.- Variations des taux de lipides chez l'Artemia en fonction du stade de vie

Conclusion

Ce présent travail est une initiation pour déterminer la valeur nutritionnelle d'Artemia dans un plan d'eau à Ouargla « Drain principal » qui représente une source nutritionnelle importante pour les stades larvaires de poisson.

Au cours de cette étude, les paramètres biotiques ont été déterminés entre le mois de Novembre 2016 et le mois de Mars 2017, au niveau du drain principal de Ouargla, à salinité élevés de $68,93 \pm 2,02$ g/L, d'autres paramètres de l'eau ont été analysés (T°C, pH et OD). Peu de travaux ont été consacrés à l'étude de ce cours d'eau, qui représente un écosystème spécial, ce dernier est peuplé par un crustacé branchiopode du genre Artemia. C'est une nouvelle population d'Artemia qui s'ajoute à l'Artemia salina peuplant chott Ain Beida; qu'on a pu identifier pour la première fois au niveau de Ouargla, une population appartenant à l'espèce Artemia parthenogenetica.

Il est remarqué une densité importante de cette population d'Artémia, avec une prédominance des femelles par rapport aux mâles. Le stade nauplius est également présent, par contre la forme cystique n'a pas été détectée.

Les femelles présentent une taille moyenne importante, par contre les nauplius sont de petite taille et peut être en adéquation avec l'ouverture buccale des larves acceptant des proies d'une taille moyennes de $197,14 \pm 23,22 \mu\text{m}$.

En effet l'étude de la composition biochimique des femelles, des mâles et nauplius d'Artémia peuplant le drain de Ouargla, a permis de dégager l'importance nutritionnelle; ce qui indique que cette espèce est apte à être utilisée pour des fins aquacoles.

Remerciements: Les remerciements vont à l'équipe du laboratoire de l'INRAA Touggourt pour leur aide pour les dosages biochimiques.

Références

- [1].- Rodríguez-Almaraz G. A., Zavala C., Mendoza R. et Maeda-Martínez A. M., 2006.- Ecological and biological notes on the brine shrimp *Artemia* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) from Carmen Island, Baja California Sur, Mexico. *Hydrobiologia*, 560(1): 417-423.
- [2].- Girin M. and J. Person Le Ruyet, 1977.- Rearing of larvae of seawater fishes: food chains and mixed feeds]. *Bulletin français de Pisciculture*, v. 49(264): 88-101.
- [3].- Sorgeloos P., 1981. Live animal food for larval rearing in aquaculture: the brine shrimp *Artemia*. In Review paper presented at the World Conference on Aquaculture. Venice, Italy, Pp 21-25.
- [4].- Barnabé G., 1984.- Utilisation de plancton collecté pour l'élevage de masse de poissons marins. G. Barnabé et R. Billard, l'aquaculture du bar et des sparidés, Pp 185-207.
- [5].- Cunha I. and M. Planas, 1999.- Optimal prey size for early turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) based on mouth and ingested prey size. *Aquaculture*, 175(1-2): 103-110.
- [6].- Kentouri M., Divanach P. and Paris J., 1984.- Approche du comportement trophique des larves de *D. sargus*, *S. aurata*, *P. puntazzo* et *L. mormyrus*. G. Barnabe et R. Billard (Eds.), L'Aquaculture du Bar et des Sparides, Pp 139-159.
- [7].- Aloui N., 2013.- Etude comparative de la valeur nutritionnelle des cystes de deux souches d'*Artemia* sur des larves de *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) en élevage: performances de croissance et survie. *Crustaceana*, 86(1): 56-66.
- [8].- Divanach P. and Kentouri M., 2000.- Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. *Cahiers options méditerranéennes*, 47: 75-87.
- [9].- Celada J. D., Aguilera A., García V., Carral J. M., Sáez-Royuela M., González R. and González Á. 2009.- Rearing juvenile tench (*Tinca tinca* L.) under controlled conditions

- using *Artemia nauplii* as supplement to a dry diet. *Aquaculture International*, 17(6): 565-570.
- [10].- Reis D. B., Acosta N. G., Almansa E., Navarro J. C., Tocher D. R., Andrade J. P. and Rodríguez C., 2017.- Comparative study on fatty acid metabolism of early stages of two crustacean species: *Artemia* sp. *metanauplii* and *Grapsus adscensionis zoeae*, as live prey for marine animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 204, 53-60.
- [11].- Kara M. H., Bengraïne K. A., Derbal F., Chaoui, L. and Amarouayache M., 2004.- Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Marouane (Northeast Algeria). *Aquaculture*, 235(1-4): 361-369.
- [12].- Bengtson D. A., Léger P., and Sorgeloos P., 1991.- Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. *Artemia biology*, 11: 255-285.
- [13].- Dhont J. and Van Stappen G., 2003.- Biology, tank production and nutritional value of *Artemia*. *Live feeds in marine aquaculture*, Pp. 65-121.
- [14].- Léger P., Bengtson D. A., Simpson K. L. and Sorgeloos P., 1986.- The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev*, 24: 521-623.
- [15].- Browne, R. A., and Bowen, S. T. 2018. Taxonomy and population genetics of *Artemia*. In *Artemia biology* (pp. 221-236). CRC press.
- [16].- Bengtson D. A., Gleason T. R. and Hossain M. A., 1999.- Consumption rates of summer flounder larvae on rotifer and brine shrimp prey during larval rearing. *North American journal of aquaculture*, 61(3): 243-245.
- [17].- Naceur, H. B., Jenhani, A. B. R., and Romdhane, M. S. 2012. Quality characterization of cysts of the brine shrimp *Artemia salina* from Tunisia focusing on their potential use in aquaculture. *Journal of Biological Research*, 17, 16.
- [18].- Lavens, P. and Sorgeloos P., 2000.- The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture*, 181(3-4): 397-403.
- [19].- Lavens, P., and Sorgeloos, P. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture (No. 361). Food and Agriculture Organization (FAO), 295 pp. Rome, Italy.
- [20].- Zarei A., Shivazad M., and Mirhadi A., 2006.- Use of artemia meal as a protein supplement in broiler diet. *International Journal of Poultry Science*, 5(2): 142-148.
- [21].- Aghakhanian, F., Zarei, A., Lotfollahian, H., and Eila, N. 2009. Apparent and true amino acid digestibility of artemia meal in broiler chicks. *South African Journal of Animal Science*, 39(2), pp 158-162.

- [22].- Chair, M., Romdhane, M., Dehasque, M., Nelis, H., De Leenheer, A. P., and Sorgeloos, P. 1991. Live-food mediated drug delivery as a tool for disease treatment in larviculture. II. A case study with european seabass. In Larvi'91—Fish and Crustacean Larviculture Symposium. Special publication no. 15. (pp. 412-414). Ghent, Belgium: European Aquaculture Society.
- [23].- Amarouayache, M., Derbal, F., and Kara, M. H. (2009). Biological data on *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Chott Marouane (northeast Algeria). *Crustaceana*, 82(8), 997.
- [24].- Amarouayache, M., Derbal, F., and Kara, M. H. (2010). Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia salina* (Crustacé, Anostracé) de la sebkha Ez-Zemoul, Algérie Nord-est. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 65(2), 129-138.
- [25].- Amarouayache, M., and Belakri, N. 2015. On a parthenogenetic population of *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria (El-Bahira, Sétif). *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 3(4).
- [26].- Ghomari, S. M., Selselet-Attou, G., Danés, F. H., Moncef, M., and Domenech, F. A. 2012. Note sur la biogéographie de la biodiversité du genre *Artemia* dans la région ouest de l'Afrique du Nord (Algérie, Maroc et Tunisie). *Ecologia mediterranea: Revue internationale d'écologie méditerranéenne= International Journal of Mediterranean Ecology*, 38(1), 28-38.
- [27].- Oulad Laid H., 2014.- Caractérisation qualitative des eaux de drainage d'un drain principal de Ouargla. Influence sur le développement de la flore dans le drain. Mémoire master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 64p.
- [28].- Bradford M. M., 1976.- A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2): 248-254.
- [29].- Folch J., Lees M. and Stanley G. S., 1957.- A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*. 226(1): 497-509.
- [30].- Lavens P., Léger P., and Sorgeloos P., 1986.- Production, utilization and manipulation of *Artemia* as food source for shrimp and fish larvae. *Oceanis*, 4: 229-247.
- [31].- Alonso M., 2010.- Branchiopoda and Copepoda (Crustacea) in Mongolian saline lakes. *Mongolian Journal of Biological Sciences*, 8(1): 9-16.
- [32].- Belayachi D. A. and Belhadj A., 2014.- Etude de l'intérêt de *Dunaliella sauna* (micro-algue halophile) sur la culture de l'Artémie en Oranie. Mémoire de Master en science agronomie, Université Aboubakeur belkaid, Tlemcen, 97p.

- [33].- Vanhaecke P. and Sorgeloos P., 1980.- International Study on Artemia. IV. The biometrics of Artemia strains from different geographical origin. The brine shrimp Artemia, 3: 393-405.
- [34].- Camargo, W. N., Durán, G. C., Rada, O. C., Hernández, L. C., Linero, J. C. G., Muelle, I. M., and Sorgeloos, P. 2005. Determination of biological and physicochemical parameters of *Artemia franciscana* strains in hypersaline environments for aquaculture in the Colombian Caribbean. Saline Systems, vol 1, p 9.
- [35].- Abatzopoulos, T. J., Agh, N., Van Stappen, G., Rouhani, S. R., and Sorgeloos, P. 2006. Artemia sites in Iran. Journal of the marine biological association of the United Kingdom, 86(2), 299-307.
- [36].- El-Bermawi, N., Baxevanis, A. D., Abatzopoulos, T. J., Van Stappen, G., and Sorgeloos, P. 2004. Salinity effects on survival, growth and morphometry of four Egyptian Artemia populations (International Study on Artemia. LXVII). Hydrobiologia, 523(1), 175-188.
- [37].- Amat, F., Hontoria, F., Ruiz, O., Green, A. J., Sanchez, M. I., Figuerola, J., and Hortas, F. (2005). The American brine shrimp as an exotic invasive species in the western Mediterranean. In Issues in Bioinvasion Science (pp. 37-47). Springer, Dordrecht.
- [38].- Bezzi F. and Houhech A., 2015.- Etude comparative de la valeur nutritionnelle des cystes d'*Artemia salina* de la saline Betioua (Oran). Master Hydrobiologie et aquaculture, Université Khemis Meliana, 71p.
- [39].- Van Ballaer, E.; Versichele, D.; Vanhaecke, P.; Léger, P.; Ben Abdelkader, N.; Turki, S.; Sorgeloos, P. 1987. Characterization of Artemia from different localities in Tunisia with regard to their use in local aquaculture, in: Sorgeloos, P. et al. (Ed.) Artemia research and its applications: 1. Morphology, genetics, strain characterization, toxicology. Proceedings of the Second International Symposium on the brine shrimp Artemia. pp. 199-209.
- [40].- Sorgeloos P., 1986.- Manual for the culture and use of brine shrimp Artemia in aquaculture 1986: State University of Ghent, Faculty of Agriculture.
- [41].- Bell M.V. and J.R. Dick, 1990.- Molecular species composition of phosphatidylinositol from the brain, retina, liver and muscle of cod (*Gadus morhua*). Lipids, 25(11): 691-694.
- [42].- Stubbs, C. D., and Smith, A. D. 1990. Essential fatty acids in membrane: physical properties and function. Biochemical Society Transactions, 18(5), 779-781.
- [43].- Parrish, C. C., Nichols, P. D., Pethybridge, H., and Young, J. W. 2015. Direct determination of fatty acids in fish tissues: quantifying top predator trophic connections. Oecologia, 177(1), 85-95.
- [44].- Mayzaud P., 1997.- Spatial and life-cycle changes in lipid and fatty acid structure of the

Antarctic euphausiid *Euphausia superba*. Antarctic communities: species, structure and survival, Pp 284-294.

- [45].- Selselet, G. S., Amat, F., Ghomari, M. S., and Hontoria, F. (2011). Artemia biodiversity in Algerian sebkhas. *Crustaceana*, 84(9), 1025-1039.
- [46].- Johns D. M., Berry W. J., and McLean S., 1981.- International study on artemia: 1 xxi. investigations into why some strains of artemia are better food sources than others. further nutritional work with larvae of the mud crab, *Rhithropanopeus harrisii*. *Journal of the World Mariculture Society*, 12(1): 301-314.
- [47].- Navarro J. and Amat F., 1992.- Effect of algal diets on the fatty acid composition of brine shrimp, *Artemia sp.*, cysts. *Aquaculture*, 101(3-4): 223-227.

INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA QUALITE DES EAUX DOMESTIQUES DE QUELQUES LOCALITES DE LA CUVETTE DE OUARGLA (SAHARA SEPTENTRIONAL EST ALGERIEN)

HAMDI Wassila^{1*}, TOUIL Youcef² et OULD EL HADJ Mohamed Didi³

⁽¹⁾Laboratoire des sciences et environnement, Université Amine Elokkel El hadj Moussa Eg Akhamouk, Tamanghasset 11000, Algérie

⁽²⁾Laboratoire de bio-géochimie des milieux désertiques, Université Kasdi Merbah-Ouargla, Ouargla 30000, Algérie

⁽³⁾Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi Arides, Université Kasdi Merbah-Ouargla, Ouargla 30000, Algérie

*E-mail: assila.hamdi@yahoo.com

(Received 2 January 2022 - Accepted 19 May 2022)

Résumé.- Le maintien de la qualité des eaux potables de la sortie de l'usine de traitement jusqu'au robinet du consommateur est une préoccupation majeure des responsables de la distribution des eaux de consommation. La qualité des eaux domestiques de quelques points d'eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, sont étudiées sur quatre campagnes s'étalant, sur les mois de Février, Mars, Avril et Mai 2011. Apparaît que le chlore résiduel libre variant de 0.1 mg/l à 0.6 mg/l, est parfois non conforme aux normes suivant les campagnes, surtout à la 3^{ème}. Les valeurs de pH sont neutres ou légèrement basiques. La température des eaux de la source se situant entre 25°C et 26.7°C, dans le réseau de distribution, elle oscille en fonction des variations climatiques. Elle se situe à 16.4°C en hiver à 28.7°C au printemps. Les paramètres biochimiques qui sont considérée comme des indicateurs de pollution microbiologique, montrent une présence d'ammonium dépassant les normes algériennes à certains points. Les caractéristiques hygiéniques des échantillons d'eau étudiés, révèlent l'existence de germes totaux à 22°C et 37°C dans le réseau de distribution. Mais, il est à noter l'absence de coliformes totaux et fécaux, de streptocoques fécaux et de Clostridium sulfito-réducteurs.

Mots clés: Eau domestique, hygiène, microorganismes, physico-chimique, pollution, Ouargla.

INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE QUALITY OF DOMESTIC WATER OF SOME LOCALITIES OF THE BASIN OF OUARGLA (NORTHERN SAHARA IS ALGERIAN)

Abstract.- The maintenance of the quality of drinking water from the exit of the treatment plant to the consumer's tap is a major concern of those responsible for the distribution of drinking water. The quality of domestic water of some points of domestic water in the basin of Ouargla, are studied over four campaigns spread over the months of February, March, April and May 2011. It appears that the free residual chlorine ranging from 0.1 mg/l to 0.6 mg/l, is sometimes not consistent with the standards following the campaigns, especially the 3rd. The pH values are neutral or slightly basic. The temperature of the spring water is between 25°C and 26.7°C, in the distribution network, it varies according to climatic variations. It ranges from 16.4°C in winter to 28.7°C in spring. The biochemical parameters which are considered as indicators of microbiological pollution, show a presence of ammonium exceeding the Algerian standards at some points. The hygienic characteristics of the water samples studied, reveal the existence of total germs at 22°C and 37°C in the distribution network. But, it is to be noted the absence of total and faecal coliforms, faecal streptococci and Clostridium sulphito-reducers

Key words: Domestic water, hygiene, microorganisms, physicochemical, pollution, Ouargla

Introduction

La population de la ville de Ouargla s'alimente à partir des eaux souterraines, provenant de la couche aquifère généralement exempte de micro-organismes pathogènes [1]. Les eaux souterraines ont pendant longtemps été synonymes d'eau propre. C'est-à-dire répondant naturellement aux normes de potabilité. Cela est malheureusement inexact dans l'absolu [2]. Cependant, la zone de captage est protégée par une réglementation publiée au Journal Officiel de la République Algérienne n° 60 du 30 Rajab 1426 correspond au 4 Septembre 2005. La dégradation de la qualité de l'eau peut survenir à tout moment entre le lieu de production et le robinet de l'utilisateur. Elle peut être liée à une prolifération de micro-organismes naturellement présents dans l'eau, voir à une contamination des réservoirs, des canalisations publiques ou des réseaux intérieurs de distribution des bâtiments [3]. Les précautions doivent être prises pour éviter une contamination secondaire de l'eau dans le réseau de distribution [1].

Face à ce constat, la présente étude porte sur la qualité hygiénique et les caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla. Sachant que dans la vie des être vivants et pour la consommer l'eau a une grande importance, à cet effet, selon le type d'utilisation, elle doit être caractérisée par certains nombres de paramètres hygiéniques et physico-chimiques.

1.- Méthodologie de travail

1.1.- Principe adopté pour la présente étude

L'eau est une ressource naturelle autour de la quelle se maintient et se développe la vie. L'accroissement de la demande en eau au fil des années a engendré l'augmentation des réseaux d'adduction. Toutefois, les risques de pollution mettent cette source en péril et constituent une menace pour la qualité des eaux domestiques. La présente étude porte sur des analyses de la qualité hygiénique et physico-chimique de l'eau domestique de la cuvette de Ouargla. L'étude recherche à détecter et à proposer d'éventuelles solutions aux sources de contamination du réseau d'adduction. Cette étude est une activité fondamentale de prévention pour garantir une eau de bonne qualité pour le consommateur et préserver la santé publique contre les maladies à transmission hydrique.

1.2.- Présentation de la zone d'étude

La cuvette de Ouargla, est située au Sud-Est du pays, à environ 800 km d'Alger la capitale. Elle s'étend sur environ 30 km de long et 12 à 18 km de large, à une altitude variant de 103 à 150 m. Elle est bordée à l'Ouest par un plateau de 200 à 230 m d'altitude et à l'Est par un plateau à moins de 160 m d'altitude [4,5]. Elle se caractérise par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème [4]. L'eau souterraine constitue la principale source d'eau dans la région de Ouargla. Elle dispose d'un potentiel hydrique très important constitué de trois grands ensembles aquifères qui va du haut vers le bas, donnant ainsi des ressources en eaux souterraines, et des ressources en eaux superficielles [5].

1.3.- Choix des sites de prélèvement

Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique de l'eau domestique véhiculée à travers les conduites de distribution, une enquête sur l'état extérieur des ouvrages hydrauliques et du réseau de

distribution est effectuée. Il sera retenu les sites qui sont exposés aux éventuels risques de pollution, tels que les décharges publiques, les débordements des eaux usées, les fuites répétitives ou mal réparées, etc. Elle est suivie des prélèvements pour analyse, afin de détecter la pollution par certains paramètres indicateurs. L'échantillonnage comprend, un prélèvement au niveau du forage exploité (forage Mekhadma 3 [F]), un prélèvement au niveau du réservoir alimenté par le forage (réservoir du complexe Mekhadma [R]) et des prélèvements au niveau du réseau de distribution. Il s'agit des réseaux de distribution de Mekhadma (Z_1 [$P_{1.1}$, $P_{1.2}$, $P_{1.3}$]), la cité des 460 logements (Z_2 [$P_{2.1}$, $P_{2.2}$, $P_{2.3}$]) et la zone d'activité vers la route de Ghardaïa (Z_3 [$P_{3.1}$, $P_{3.2}$, $P_{3.3}$]), au niveau de trois lieux pour chaque zone.

L'étude s'est étendue sur 4 campagnes d'échantillonnage d'eau d'adduction des différents points choisis, regroupant les mois de Février, de Mars, d'Avril et de Mai 2011. Un total de 132 échantillons d'eau d'adduction, est recueilli, dont 33 par campagne et 12 pour chaque site de prélèvement.

1.4.- Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté [6]. Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté de préférence bouchés émeri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenus pendant 1 heure dans l'eau distillée puis séchés. Pour les analyses microbiologiques, les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500, 1000 ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis stérilisés [7]. En présence d'une eau traitée par un oxydant, il faut ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10% [6]. Pour la présente étude, des flacons de 500 ml en verre sont utilisés. Les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C [6].

1.5.- Analyses physico-chimiques

2.5.1.- Dosage du chlore libre

Le dosage chlore libre, la DPD (N, N-Diéthylphénylène-4diamine) sert d'indicateur redox, coloré en rose en milieu oxydant et incolore en milieu réducteur à un pH compris entre 6,2 et 6,5. Le chlore réagit instantanément avec la DPD en absence d'ions iodure dans le milieu réactionnel. La coloration développée est ensuite mesurée par un colorimètre de terrain [8].

1.5.2.- Détermination du pH

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Il consiste à tremper l'électrode dans le bêcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le pH [6].

1.5.3.- Mesure de la température

Pour la détermination de la température, il est utilisé un appareil multiéléments sur site. Elle est déterminée en la plongeant l'électrode dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le

résultat est donné directement en degré Celcius°C [6].

1.6.- Analyses biochimiques

1.6.1.- Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

La détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+) est obtenue par méthode colorimétrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium [9].

1.6.2.- Dosage des nitrites (NO_2^-)

Les nitrites (NO_2^-) sont dosés suivant la méthode colorimétrique. Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après couplage avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichlorure donne une coloration rose mesurée à 543 nm [10].

1.6.3.- Dosage des Nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm [11].

1.6.4.- Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

La détermination des phosphates (PO_4^{3-}) se fait par méthode colorimétrique (spectrophotomètre UV-visible), après formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, puis réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm [12].

1.7.- Analyses microbiologiques

1.7.1.- Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les micro-organismes mésophiles (37°C). Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2°C [8].

1.7.2.- Recherche et dénombrement des coliformes (Colimétrie)

La recherche et le dénombrement des coliformes se fait selon la méthode de filtration sur membrane à 0.45µ en milieu solide [13], nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration, et des plaques de gélose tergitol au chlorure de 2,3,5-triphényltetrazolium (TTC) et heptadécylsulfate de sodium (Tergitol 7) préalablement préparées. Ces dernières seront incubées avec les filtres des échantillons, couvercle en bas à 36±2°C pendant 21±3 heures voire 44±4 heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivie de l'identification biochimique des *Escherichia coli*.

1.7.3.- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

La méthode de recherche se fait selon la méthode de Lebres et Mouffok (2008) [13], qui est la streptométrie par filtration sur membrane. L'échantillon est filtré sur une membrane filtrante de 0.45 μ à travers une rampe de filtration, en utilisant le milieu solide Slanetz et Bartley puis une plaque de gélose bile esculine azoture (BEA).

1.7.4.- Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs et les spores des ASR

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous formes de résistance appelées spores. Elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose viande-foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire [13].

1.8.- Analyse statistique

L'ensemble des résultats obtenus sur les eaux domestiques la cuvette de Ouargla a fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) à l'aide d'un logiciel XLSTAT.

2.- Résultats et discussion

Au vu des résultats de la figure 1, il est remarqué une dominance du chlore résiduel libre dans réservoir R durant la 1^{ère}, la 2^{ème} et la 4^{ème} campagne. Dans ce réservoir s'effectue le traitement à l'hypochlorite de sodium (NaOCl) à raison de 0.4 mg de chlore libre /l à la 1^{ère} campagne, 0.6 mg de chlore libre /l pour la 2^{ème} campagne, 0.1 mg de chlore libre /l en 3^{ème} campagne, et 0.4 mg de chlore libre /l à la 4^{ème} campagne. Les concentrations chutent dans les réseaux de distribution, pour se stabiliser à 0.3 mg de chlore libre /l pour la 1^{ère} campagne, 0.5 mg de chlore libre /l pour la 2^{ème} campagne, 0.1 mg de chlore libre /l pour la 3^{ème} campagne et 0.2 mg de chlore libre /l pour la 4^{ème} campagne. La diminution émane de la consommation du chlore dans le traitement des micro-organismes et des matières organiques [14]. Une concentration stable en chlore libre dans le réseau, signifie soit qu'il n'y a pas consommation de chlore libre ou bien que le chlore qui réagit avec les matières organiques ou autres éléments, est remplacé par le chlore résiduelle du réseau, la faible consommation du chlore s'avère logique compte tenu de la teneur faible en carbone organique total de l'eau brute [14]. Le chlore résiduel libre de la 3^{ème} campagne, est en deçà des normes algériennes (0.2 mg/l à 0.6 mg/l) [15].

Un effet très hautement significatif du chlore libre sur la qualité des eaux potables distribuées dans la cuvette de Ouargla, est noté car F de Fisher = 76.651 pour $\text{Pr} < 0.0001$ (tab. I).

Tableau I.- Analyse de la variance appliquée au chlore résiduel libre des eaux domestiques (Ddl : degré de liberté ; Pr : probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	5	1.117	0.223	76.651	< 0.0001
Résidus	38	0.111	0.003		
Total	43	1.228			

Les résultats de la figure 2, laissent apparaître une variation de pH. Il est de 7.11 dans le réservoir Mekhadma à la 4^{ème} campagne et 7.95 pour l'échantillon d'eau à P_{1,2} la zone 1 à la 2^{ème} campagne d'analyse. Les eaux domestiques de la présente étude, présente des pH basiques à neutres. Les législations Algériennes et européennes précisent comme niveau guide $6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$ [6,14,15].

Le pH révèle un effet non significatif sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla (F de Fisher = 202.748; Pr > 0.05), où la somme des carrés résiduel est nul (tab. II).

Tableau II.- Analyse de la variance appliquée au pH des eaux domestiques
(Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	1.703	0.041	202.748	0.056
Résidus	1	0.000	0.000		
Total	43	1.703			

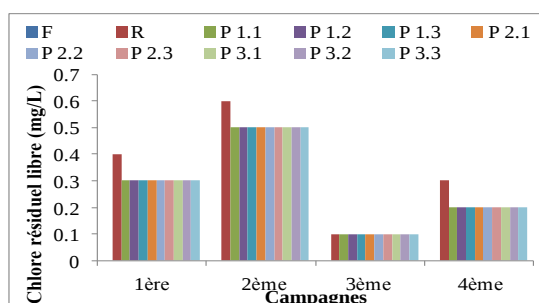


Figure 1.- Chlore résiduel libre des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

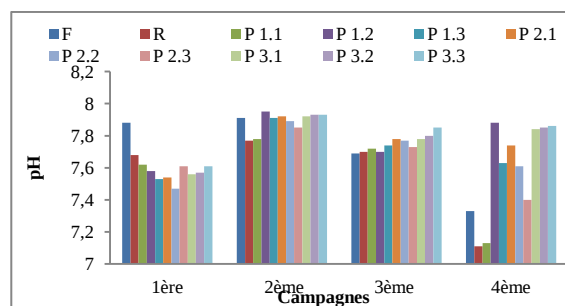


Figure 2.- pH des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

La température mesurée dans le forage F, varie entre 25°C à la 2^{ème} campagne à 26.7°C à la 4^{ème} campagne durant les 4 campagnes (fig. 3). Pour le réservoir R les températures obtenues sont proches de celles du forage F qui vont de 24.6°C à la 1^{ère} campagne à 26.7°C à la 4^{ème} campagne. La faible variation de la température des eaux, montre qu'elles ne séjournent pas longtemps dans le réservoir. Les températures du réseau de distribution, varient entre 16.4°C à P_{2,3} (Z₂) à la 1^{ère} campagne de Février et 28.7°C à P_{1,1} dans Z₁ en Mai. Il est perceptible sur la figure 3, que les températures chutent en s'éloignant de la source durant les périodes froides. Elles s'élèvent ou varient légèrement pendant les mois tempérés; entre les 3^{ème} et 4^{ème} campagnes. La température mesurée dans la source (F) ne révèle pas une grande variation. Elle est équivalente à la température ambiante à la distribution. Elle varie évidemment en fonction de la saison, de la nature géologique et de la profondeur de l'eau (même superficielle ou profonde) [16]. La température de l'eau gouverne la solubilité des gaz, mais aussi celle des sels [2].- ayant des conséquences sur la conductivité [17].- et la prolifération des microorganismes [18].

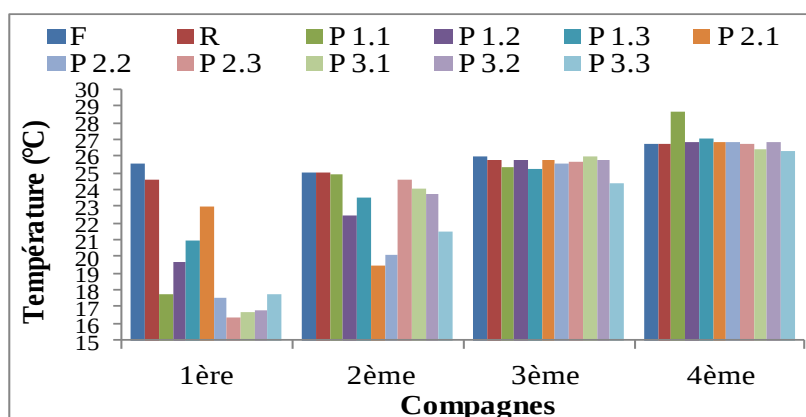


Figure 3.- Différentes température des échantillons d'eau étudiés pour les 4 Campagnes

Le tableau III montre un effet très hautement significatif de la température (F de Fisher = 720.769; Pr < 0.0001), car sa variation saisonnière influe sur la qualité des eaux étudiées dans la cuvette de Ouargla.

Tableau III.- Analyse de la variance appliquée de la température des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	29	487.721	16.818	720.769	< 0.0001
Résidus	14	0.327	0.023		
Total	43	488.047			

Le taux d'ammonium des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, est variable et ne dépasse guère 0.710 mg NH_4^+ /l. C'est le taux maximum obtenu au P_{3,2} à la 2^{ème} campagne (fig. 4). Les normes admissibles sont de 0.5 mg NH_4^+ /l [15,18-21]. La concentration de l'ammonium élevée dans les eaux échantillonnées au niveau du P_{3,2} (Z₃) pour la 2^{ème} campagne, semble un indicateur de pollution microbiologique [6,8]. La présence d'ammonium dans l'eau peut être liée à la réduction des formes azotées (nitrites et nitrates) en conditions réduites [17]. La cinétique de l'eau durant son parcours de sa source de production à la distribution, il est noté une fluctuation tendant, vers une augmentation du taux d'ammonium. Cela laisse supposer l'intrusion d'un agent contaminant. En général l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites puis en nitrates par oxydation. La mise en évidence, dans l'eau de teneurs importantes en ammonium implique une contamination récente par les matières organiques en décomposition. En profondeur, les eaux peuvent se charger d'ions ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou des ions ferreux [6]. Si la chloration est faite d'une manière adéquate, la concentration en ammoniaque (ion ammonium) est nulle [19]. La teneur en matières azotées (NH_4^+ , NO_2^-) dans l'eau est due à l'oxydation de la matière organique azotée [18].

L'analyse de la variance porté sur le tableau IV montre un effet non significatif de l'ammonium (F de Fisher = 3.108; Pr > 0.05).

Tableau IV.- Analyse de la variance appliquée à l'ammonium des eaux domestiques
(Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	38	1.318	0.035	3.108	0.103
Résidus	5	0.056	0.011		
Total	43	1.374			

Au vu de la figure 5, les échantillons d'eaux domestiques analysés de la cuvette de Ouargla ne renferment pas des nitrites et même s'ils existent, ce sont des taux ne dépassant pas 0.021 mg NO₂⁻/l, enregistré à P_{3.3} (Z₃) à la 3^{ème} campagne. Ils sont toujours absents dans la source d'alimentation. La limite de consommation algérienne est fixée à 0.1 mg NO₂⁻/l [15]. Pour RODIER *et al.* (2005) [6], en l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux. Les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (0.01mg NO₂⁻/l). Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante des bactéries (phénomène de la dénitrification) [6,17]. Une eau qui renferme des nitrites, est considéré comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique [6]. Cependant, les eaux en contact avec certains terrains ou conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure [20]. S'ils deviennent partie intégrante de l'eau potable, les nitrites peuvent pénétrer dans la circulation sanguine et perturber le transport de l'oxygène (hémoglobine) en transformant l'hémoglobine en méthémoglobine, qui ne transporte pas d'oxygène et n'est pas reconvertie en hémoglobine. En outre, il peut également interférer avec d'autres protéines contenant du fer et toutes ces conditions peuvent entraîner la mort du fœtus par hypoxie [21, 22]. Il n'y a pas de variation pour les nitrites avec un carré moyen résiduel nul (tab. V).

Tableau V.- Analyse de la variance appliquée aux nitrites des eaux domestiques
(Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	11	0.001	0.000		
Résidus	32	0.000	0.000		
Total	43	0.001			

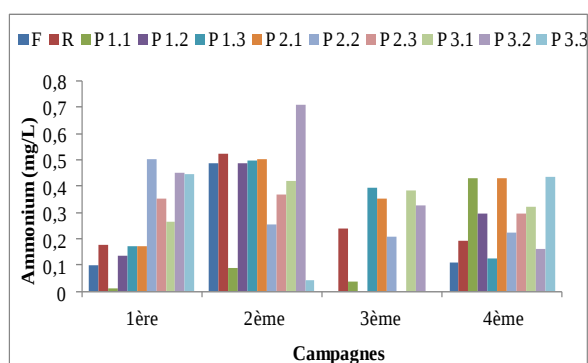


Figure 4.- Taux d'ammonium des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

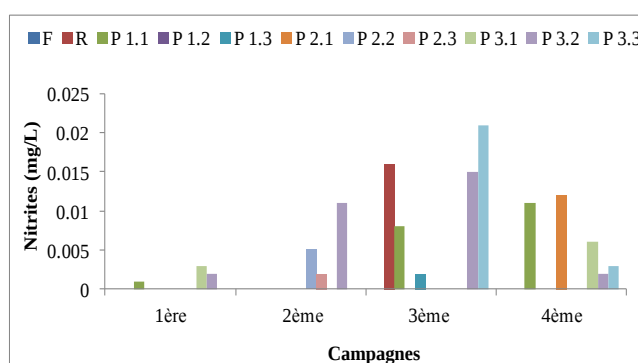


Figure 5.- Taux de nitrites des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

Dans les échantillons d'eaux d'adduction de la présente étude, le taux de nitrate est variable dans les trois premières campagnes. Bien que les nitrates soient absents dans certaines eaux, le taux est de 0.13 mg NO₃⁻/l dans l'échantillon au niveau du P_{3.2} (Z₃) à la 3^{ème} campagne (fig. 6). Comparées, aux limites de potabilité algériennes fixée à 50 mg NO₃⁻/l [15], cette valeur semble faible. Pour la quatrième campagne les taux de nitrates, sont appréciables par rapport aux 3 autres campagnes. Ils vont de 3.9 mg NO₃⁻/l dans le réservoir R à 7.6 mg NO₃⁻/l dans l'échantillon d'eau de P_{2.3} (Z₂). Ces valeurs particulières peuvent être dues à une ancienne pollution, avec une transformation de l'ammonium en nitrite puis en nitrate dans le temps face à un traitement réduit et une élévation de la température. Dans les eaux naturelles non polluées; le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Il peut varier de 1 à 15 mg/l et de même une concentration de 2 ou 3 mg/l, peut être considérée comme normale [6]. Les nitrates pourraient provenir d'une pollution d'origine humaine [23]. Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé publique important telle que la méthémoglobinémie [24]. Des rapports révèlent que les composés contenant de grandes quantités d'azote dans les masses d'eau peuvent conduire à la formation de composés cancérigènes comme les nitrosamines et les nitrosamides, qui sont nocifs pour les organismes vivants [22,25].

L'analyse de la variance (tab. VI) montre un effet non significatif des nitrates (F de Fisher = 2.360; Pr > 0.05), sur la qualité des eaux distribuées.

Tableau VI.- Analyse de la variance appliquée aux nitrates des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	38	278.993	7.342	2.360	0.171
Résidus	5	15.557	3.111		
Total	43	294.550			

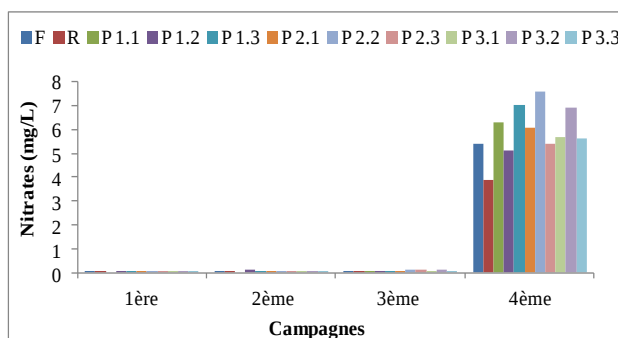


Figure 6.- Taux de nitrates des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

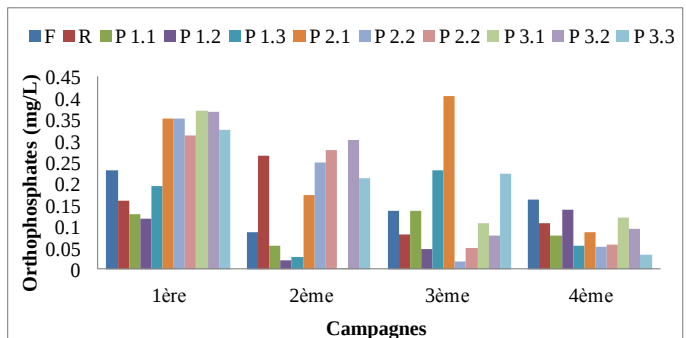


Figure 7.- Taux de l'orthophosphates des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

Sur la figure 7, le taux de l'orthophosphate va de 0.01 mg de PO₄³⁻/l à P_{3.1} (Z₃) à la 2^{ème} campagne, à 0.404 mg de PO₄³⁻/l dans P_{2.1} (Z₂) à la 3^{ème} campagne. Les normes algériennes fixent le taux de l'orthophosphate dans les eaux d'adduction à 0.5 mg de PO₄³⁻/l [15]. Il peut être suspecté une contamination dans certains points des trois premières campagnes. Il apparaît que le taux évolue en éloignant de la source d'alimentation surtout à la 1^{ère} campagne, dans la majorité des échantillons d'eau de Z₂ (P_{2.1}, P_{2.2} et P_{2.3}) et Z₃ (P_{3.1}, P_{3.2} et P_{3.3}). Pour la 3^{ème} campagne l'augmentation du taux d'orthophosphate dans le réseau est signalée, à P_{1.3} (Z₁), dans P_{2.1} (Z₂) et P_{3.3} (Z₃). Les phosphates font partie des anions

facilement fixés par le sol. Leurs présences dans les eaux naturelles, sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique [17]. Il n'y a pas de variation pour les orthophosphates où le carré moyen résiduel est nul (tab. VII).

Tableau VII.- Analyse de la variance appliquée à l'orthophosphate des eaux domestiques pour les 4 campagnes (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	0.556	0.013		
Résidus	1	0.000	0.000		
Total	43	0.556			

Dans la plupart des échantillons recueillis, il est noté l'absence de bactéries recherchées, sauf dans quelques rares cas (tab. VIII).

La présence de germes totaux s'est révélée à la 3^{ème} campagne dans des échantillons d'eau. Au cours de cette campagne le taux de germes totaux à P_{1,3} (Z₁), est de 160 UFC/ml à 22°C et 160 UFC/ml à 37°C. En seconde position arrive P_{3,1} (Z₃) avec un taux de 104 UFC/ml à 22°C et 48 UFC/ml à 37°C, puis P_{2,1} (Z₂) avec un taux de 26 UFC/ml à 37°C. Les germes totaux, pour la 4^{ème} campagne, sont notés à un taux >300 UFC/ml à 22°C seulement au niveau du P_{3,3} (tab. I). Les réglementations algériennes précisent que pour les eaux destinées à la consommation humaine, la norme guide est inférieure ou égale à 10 UFC/ml à 37°C et 100 UFC/ml à 22°C [15].

Le dénombrement des bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Il permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois préciser les sources de contamination. La présence de germes totaux en quantité anormalement élevée, semble être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau [26]. Les microorganismes qui se développent à 20°C, sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau. Celles qui se développent à 37°C, température du corps humain, proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud [8,27]. Cette distinction n'est pas très rigoureuse car de nombreux germes, considérés généralement comme saprophytes, sont capables de se développer à 37°C et au-delà comme des *Bacillus*, des *Pseudomonas*, des *Aeromonas*, des *Staphylococcus*, etc. [8]. Typiquement, les bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives sont constituées des germes du genre comme *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Legionella*, *Mycobacterium*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Serratia* et *Xanthomonas* [26].

Au niveau du forage F, il y a absence de germes. Cela semble confirmer la protection de la source. Au vu de la consommation notable dans les zone Z₁, Z₂ et Z₃, celle-ci qui ne donne pas l'occasion au phénomène de stagnation dans le réservoir R, qui peut entraîner une augmentation spectaculaire de bactéries totales, en particulier, lorsque le résiduel de chlore libre disparaît de l'eau stockée [8,28,29].

Un réseau de distribution n'est malheureusement pas un simple outil de transport de l'eau potable [30,31]. Il se comporte comme un réacteur biologique dans lequel toutes les conditions sont réunies [32,33]. La présence des germes totaux à P_{1,3}, à P_{3,1} et P_{2,1}, indique une défaillance dans le traitement à la 3^{ème} campagne avec un taux de chlore résiduel ≤ 0.1

mg chlore libre/l. Le maintien d'un désinfectant résiduel est nécessaire pour prévenir la qualité de l'eau contre la détérioration, et le taux de désinfectant nécessaire pour le contrôle de l'activité microbienne, peut dépendre de l'instabilité biologique microbienne. De même les conditions locales (composition de l'eau, le volume du réseau de distribution, la température de l'eau), ont aussi une grande influence [29,34,35].

Il est admissible qu'il y a une pollution non spécifiée dans le réseau. Car l'eau sortant de la station de traitement qui est le réservoir R, est de bonne qualité bactériologique d'où l'absence de genres (bactérie) pendant les 4 campagnes d'analyse. Une augmentation de la concentration bactérienne en aval de la station de pompage (F) ou de traitement (R), peut être interprétée soit comme une multiplication interne de bactéries existant à l'entrée du réseau, soit comme une intrusion de l'extérieur dans celles-ci, au niveau des réservoirs ou des canalisations. Le développement d'un biofilm sur la paroi des canalisations est un phénomène inévitable. DJELLOULI et TALEB (2005) [36,37], notent que l'entartrage des conduites d'eau, est la cause de la qualité d'eau dure, comme les eaux distribuées dans la cuvette de Ouargla. Il est un support favorable à la réception et à la prolifération des micro-organismes pathogènes. Ces derniers peuvent être la cause de maladies d'origine hydrique pouvant conduire à des épidémies. En milieu entartrant, l'action des désinfectants peut être inefficace, car les micro-organismes peuvent être protégés par les dépôts présents [36,37]. LAMACHE *et al.* (2020) [38], ont confirmé l'inefficacité de désinfection en présence de biofilms bactériens dans les conduites de distribution d'eau potable en PVC et en PEHD et cela semble défavorable pour les tuyaux en cuivre.

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des germes totaux à 22°C (tab. IX) (F de Fisher=7.310; 0.001<Pr < 0.01), et un effet très hautement significatif des germes totaux à 37°C (tab. 26) (F de Fisher = 228.652; Pr < 0.0001) sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla. La qualité hygiénique est sensiblement influencée par la présence de germes totaux.

Tableau IX.- Analyse de la variance appliquée aux germes totaux à 22°C et à 37°C sur la qualité des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Paramètres	Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Germes totaux à 22°C	Modèle	2	31329.403	15664.701	7.310	0.002
	Résidus	41	87857.143	2142.857		
	Total	43	119186.545			
Germes totaux à 37°C	Modèle	2	25086.403	12543.201	228.652	< 0.0001
	Résidus	41	2249.143	54.857		
	Total	43	27335.545			

Il est à signaler une absence de coliformes totaux au niveau du forage F, le réservoir R, la zone Z₁, la zone Z₂ et la zone Z₃ (tab. X). La probabilité d'une contamination fécale dans la source d'alimentation (F), dans le réservoir R et pendant le transport jusqu'au consommateur, est à écartée. Les normes algériennes exigent l'absence de coliformes totaux, sauf dans des cas exceptionnels, mais jamais dans des prélèvements consécutifs, peut être toléré un nombre inférieur à 10 UFC/100 ml dans les eaux non traitées à l'entrée du réseau ou bien prélevée dans le réseau de distribution [15]. Les principaux genres inclus dans le groupe des coliformes totaux sont *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Serratia*

et *Citrobacter* [39]. Mais les données taxonomiques modernes (hybridation ADN/ARN) montrent que ce nombre est en réalité beaucoup plus élevé [8]. Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale [39].

Les coliformes fécaux sont absents dans tous les échantillons d'eau prélevés dans la cuvette de Ouargla, du point de captage (F), de la production (R) et de la distribution jusqu'au robinet du consommateur (tab. X). Les coliformes fécaux doivent être absents dans les eaux transportées sous canalisation [15]. Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La présence de coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. *E. coli* est l'espèce la plus représentée dans la flore intestinale de l'homme et des animaux [8,6]. L'OMS (2004, 2022) [40,41], a énoncé que la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente. Ils sont sensibles au traitement de désinfection et ce micro-organisme doit être totalement absent de l'eau de boisson. La présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéropathogènes, comme les salmonelles et le virus de Norwalk. Leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et leur densité, est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales [42]. La fièvre typhoïde et la dysenterie sont les principales maladies à transmission hydrique noté en Algérie ces dernières années [43].

Les résultats des analyses des eaux recueillis durant les 4 campagnes dans quelques localités de la cuvette de Ouargla (tab. X), montre l'absence de germes du genre Streptocoques fécaux. La réglementation algérienne impose l'absence de Streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau prélevés [15]. La présence de Streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation [8,6]. Par exemple, les espèces *E. casseliflavus* et *E. mundtii*, sont communément rencontrées sur les végétaux et dans les sols incultes [8,28]. Leur présence serait le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants [28], qui est plus importante, probablement du fait de leur mode de groupement en chainettes. Ils sont comparables à celles des entérovirus. Par ailleurs, puisqu'il n'y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente [27,31,32]. ZMIROU *et al.* (1987) [44], ont mis en évidence un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint de streptocoques fécaux (3 à 10 bactéries/100 ml).

La recherche des spores de bactéries Anaérobies Sulfite-Réducteurs (ASR) et les Clostridium Sulfite-Réducteurs, laisse apparaître que les échantillons d'eau étudiées pour les 4 campagnes, ne présentent pas de micro-organismes anaérobies Sulfite-Réducteurs (ASR). Ils sont totalement absents (tab. X). Les normes algériennes tolèrent 1 spore d'anaérobie Sulfite-Réducteur (ASR) dans 20 ml d'échantillon analysée [15]. Les spores de Clostridium Sulfite-Réducteurs renferment une grande variété de Clostridium comme *C. perfringens*, *C. sporogenes*, *C. fallax*, *C. septicum*, *C. bifermentans*, *C. roseum*, etc. [8], qui sont largement rependues dans l'environnement. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très

spécifique [8,6].

D'après VAN DER KOOIJ (2003) [34], l'absence des indicateurs de pollution ne garantit pas toujours la bonne qualité hygiénique. La méthode de recherche d'indicateurs, présente des limites, ce qui nécessite l'utilisation et le développement des méthodes de biologie moléculaire pour créer des méthodes spécifiques et rapides à la détection d'une large variété de bactéries, virus, et parasites (séquençage) [34]. Au niveau des examens bactériologiques, il faut noter que la présence de microorganisme d'origine et d'appartenance taxonomique très variées n'entraîne pas obligatoirement la manifestation clinique de maladies redoutées. Comme pour les substances chimiques, intervient la notion de dose. De nombreuses expériences ont montré qu'il faut en général absorber un grand nombre de microorganismes pour que la maladie se manifeste, mais il n'a pas été possible d'établir une dose minimale infectante précise [8].

Conclusion

Les échantillons d'eau prélevés au niveau de 11 points, allant de la source à la consommation, révèlent que, les taux de chlore allant de la station de traitement (R) au robinet des consommateurs, varient entre 0.6 mg/l et 0.1 mg/l, voir même parfois à l'état de traces dans certains cas. Le pH est proche de la neutralité avec un caractère alcalin bicarbonaté. Les eaux de la source du forage F, sont thermiquement stables, mais subissent des variations dans le réservoir R et le réseau de distribution pouvant atteindre 16.4°C durant les périodes hivernales et 28.7°C durant les périodes tempérées. L'ammonium est absent ou négligeable. Il semble au cours de la présente étude que les paramètres biochimiques indiquent une certaine susception de contamination. Les analyses microbiologiques, laissent remarquer la présence de germes totaux à P_{1.3}, à P_{3.1}, à P_{2.1} au cours de la 3^{ème} campagne, et aussi au P_{3.3} en 4^{ème} campagne. La présence de germes totaux peut émaner, soit de l'insuffisance ou inefficacité du traitement, soit d'une contamination du réseau de distribution par le biofilm existant, soit au vu de l'hydraulique instable du réseau de distribution par intrusion de l'extérieur. La nature et l'origine des eaux, les variations saisonnières du milieu saharien et l'hydraulique du réseau de distribution, influent sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla.

Références bibliographiques

- [1].- Nezli I. E., Djabri L. et Djidel M., 2010.- Origines et spéciation du fluor dans les eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara Septentrional Algérien). *Annales des Sciences et Technologie*, 2 (2): 135-142.
- [2].- Boeglin J. C., 2000.- Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed. *Techniques de l'ingénieur*, 24 p.
- [3].- Squinazi F., 2004.- Biofilm et matériaux des canalisations des réseaux de distribution d'eau. *Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris*, 52 p.
- [4].- DPAT, 2006.- Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire, Pp 8-12.
- [5].- Rouvilloi-Brigol M., 1975.- Le pays de Ouargla (Sahara Algérien), valorisation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Département de géographie de l'université de paris-Sorbonne, Paris, Pp 3-208.

- [6].- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 2005.- L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, 8^{ème} édition, Paris, 1384 p.
- [7].- Larpent J. P., 1997.- Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.
- [8].- Figarella J. et Leyral G., 2002.- Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.
- [9].- ISO, 1990.- Qualité de l'eau, Dosage de l'ammonium. Méthode par distillation et titrimétrie. NA 1848, ISO 5664. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p.
- [10].- ISO, 1994.- Qualité de l'eau, Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. NA 1657, ISO 6777. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- [11].- ISO, 1994.- Qualité de l'eau, Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- [12].- ISO, 1994.- Qualité de l'eau, Dosage du phosphore. Dosage par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium. NA 2364, ISO 6878/1. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.
- [13].- Lebres E. A. et Mouffok F., 2008.- Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, Alger, 53 p.
- [14].- Guergazi S. et Achour S., 2011.- Effet de la désinfection par le chlore sur la pollution des eaux de surface de la région de Biskra. Larhyss Journal, 09: 131-138.
- [15].- JORADP, 2000.- Les normes de potabilité d'une eau de consommation. Journal officiel de la République algérienne démocratique N°51, 20 août 2000, Alger, 4 p.
- [16].- GHEID S., BAHROUN S., BENABDALLAH A. et GHEID A., 2021.- Evaluation of Mexa dam water quality in El Tarf region (extreme north-east Algeria). Food and Environment Safety, XX (3): 262 – 273
- [17].- Dimane F., Haboubi K., Hanafi I. et El Himri A., 2017.- Impact Des Facteurs De Pollution Sur La Qualité Des Eaux De La Zone Aval De La Vallée De L'oued Nekor (Al-Hoceima, Maroc). European Scientific Journal, 13(3): 1857 – 7881.
- [18].- Bengarnia B., Henni J. E., Al Aboudi A. K. et Kihal M., 2008.- Evaluation de la Qualité Sanitaire des Eaux Brutes de Consommation : cas de la Ville de Béni-Abbès du Sud Ouest Algérien. Géographie et Aménagement Bulletin de l' A.G.A.T, 13, 67 p.
- [19].- Guergazi S. et Achour S., 2005.- Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra, pratique de la chloration. Lahryss Journal, Pp 119-127.

- [20].- Rodier J., Legube B. et Merlet N., 2016.- L'analyse de l'eau, contrôle et interprétation. 10^{ème} édition. Ed. Dunod, Paris, 1297 p.
- [21].- Fan A.M., Willhite C.C. et Book S.A., 1987.- Evaluation of the nitrate drinking water standard with reference to infant methemoglobinemia and potential reproductive toxicity. Regul. Toxicol. Pharmacol, 7: 135–148.
- [22].- Umer Y., Shahid I., Asif S., Munawar I., Arif N., Sajida N., Karamat M. et Numrah N., 2017.- Fertilizer industrial effluents: Physico-chemical characterization and water quality parameters evaluation. Acta Ecologica Sinica 37: 236–239.
- [23].- Amadou H., Laouali M.S. et Manzola A.S., 2014.- Analyses physico-chimiques et bacteriologiques des eaux de trois aquiferes de la region de tillabery : application des methodes d'analyses statistiques multi variees. Larhyss Journal, 20: 25-41.
- [24].- Benamar N., Mouadih N. et Benamar A., 2011.- Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p.
- [25].- Fernandez-Nava Y., Maranon E., Soons J. et Castrillon L., 2008.- Denitrification of wastewater containing high nitrate and calcium concentrations. Bioresour. Technol. 99 (17): 7976–7981.
- [26].- Levallois P., 2003.- Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- [27].- Larpent J. P., 1997.- Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.
- [28].- Haslay C. et Leclerc H., 1993.- Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, Pp 70-72.
- [29].- Soro G., Soro T. D., Fossou N. M. R., Adjiri O. A. et Soro N., 2019.- Application des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région des lacs (centre de la Côte d'Ivoire). Int. J. Biol. Chem. Sci. 13(3): 1870-1889.
- [30].- Celerier J. L., Faby J. A., 1998.- La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique FNDAE, Office International de l'Eau SNIDE, Paris, 98 p.
- [31].- Gauthier F., 2002.- Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution. Mémoire de DESS, Qualité et Gestion de l'Eau. Université de Picardie, Amiens, 69 p.
- [32].- Levi Y., 1995.- Les paramètres influençant le développement des germes dans les réseaux d'eau potable. Ed. Technique Science et Méthode, 3 : 240-245.

- [33].- Sibille I., 1998.- Stabilité biologique des réseaux de distribution d'eau potable. *Année biologique*, 78: 117-161.
- [34].- Van Der Kooij D., 2003.- Heterotrophic Plate Count and Drinking water safety. Ed. World Health Organization, IWA Publishing, London, Pp 117-161.
- [35].- Akoteyon I. S., 2013.- Characterization of groundwater hydrochemistry and quality assessment in Eti-Osa, Lagos-Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 6(2): 201-214.
- [36].- Djellouli H. M., Taleb S., 2005.- Qualité chimique et bactériologique des eaux de consommation du Sud Algérien. Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS), 12 et 13 décembre 2005, Ouargla, Algérie, 26 p.
- [37].- Paquin J. L., Block J. C., Haudidier K., Hartemann P., Colin F., Miazga J. et Levi Y., 1992.- Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau. *Revue des sciences de l'eau*, 5 (3): 399-414,
- [38].- Lamache A., Doghri I., Jacques M. et Boudjenah-Haroun S., 2020.- Etude des biofilms bactériens isolés à partir du système de distribution d'eau potable dans la région sud-est de l'Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau* 32(4): 447-461
- [39].- Chevalier P., 2003a.- Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- [40].- OMS, 2000.- Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 1050 p.
- [41].- OMS, 2022.- Elaboration de réglementations et normes pour la qualité de l'eau de boisson, Orientations générales avec un accent particulier sur les pays dotés de ressources limitées. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 68 p.
- [42].- Chevalier P., 2003b.- Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- [43].- Kherifi W. et Bekiri F., 2017.- Les maladies à transmission hydrique en Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides (JARA)*, 14:74-83.
- [44].- Zmirou D., Kelley J. P., Collin J. F., Charrel M., Berlin J., 1987.- A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. *American Journal of Public Health*, 77: 582-584.

Tableau X.- Quelques caractéristiques hygiéniques des eaux d'adduction de la cuvette de Ouargla pour les 4 compagnes

	Localité		Germes totaux 22°C UFC/ml	Germes totaux 37°C UFC/ml	Coliformes totaux UFC/100 ml	Coliformes fécaux UFC/100 ml	Streptocoques fécaux UFC/100 ml	Clostridium sulfito- réducteurs spores/20 ml
1 ^{ère} campagne	Forage	F	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
	Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 2	P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 3	P _{3.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.3}	00	00	00	00	00	00
2 ^{ème} campagne	Forage	F	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
	Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 2	P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 3	P _{3.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.3}	00	00	00	00	00	00
3 ^{ème} campagne	Forage	F	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
	Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.3}	160	160	00	00	00	00

4 ^{ème} compagnie	Zone 2	P _{2.1}	00	26	00	00	00	00
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 3	P _{3.1}	104	48	00	00	00	00
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.3}	00	00	00	00	00	00
	Forage	F	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
	Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 2	P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 3	P _{3.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.3}	>300	00	00	00	00	00

RECHERCHE *IN SILICO* DES PROTEINES ASSOCIEES A LA TOLERANCE AUX METAUX LOURDS CHEZ LA PLANTE HALOPHILE DU GENRE *Atriplex*

AMOURI Adel Amar, CHERIF HADRIA Wafaa et BELKHODJA Moulay
Laboratoire de Biotoxicologie Expérimentale de Bio dépollution et de Phytoremédiation, Equipe:
Physiologie végétale, Faculté SNV, Département de Biologie, Université d'Oran₁
31000 Oran, Algérie
E-mail: amouriaa@yahoo.fr; amouri.adel@univ-oran1.dz

(Received 12 December 2021 - Accepted 9 May 2022)

Résumé. - La pollution due aux métaux lourds pose un problème environnemental majeur au niveau des sols agricoles et de l'air. En plus de l'approche *in vitro* et / ou *in vivo*, l'approche *in silico*, faisant appel à l'outil bioinformatique, s'avère une alternative afin d'identifier et exploiter rapidement les molécules (gènes et protéines) responsables de la tolérance aux métaux lourds chez les plantes. Ceci permettra de mieux comprendre les mécanismes moléculaires en question. L'étude a porté sur une espèce halophile *Atriplex canescens* (Pursh Nutt). Les résultats obtenus via la base de données moléculaire NCBI, a permis d'identifier une famille de protéines associées aux métaux lourds nommée «heavy metal associated protein» chez l'espèce *Atriplex canescens* (Purch Nutt) qui sont responsables du transport des ions métalliques et à la détoxification. La recherche de similitude de séquence en utilisant l'outil BLAST, a permis d'identifier des similarités de fonction significatives avec des protéines de la même famille, chez différentes plantes comme *Chenopodium quinoa willd.*, et les espèces modèles *Arabidopsis thaliana L.* et *Medicago truncatula Gaertn.*

Mots clés: *A. canescens*, gènes, protéines associées aux métaux lourds, *in silico*, NCBI, BLASTp.

IN SILICO RESEARCH OF ASSOCIATED PROTEINS WITH HEAVY METAL TOLERANCE IN THE HALOPHILIC PLANT *Atriplex L.*

Abstract. - Pollution from heavy metals is a major environmental problem for agricultural soils and air. In addition to the *in vitro* and / or *in vivo* approach, the *in silico* approach, using the bioinformatics tools, proves to be an alternative to identify rapidly to exploit the molecules (genes and proteins) responsible for heavy metal tolerance in plants. This allows a better understanding of the molecular mechanisms in question. Our study focused on the halophilic *Atriplex canescens* species. The results obtained via the NCBI molecular database, allowed to identify a family of proteins associated with heavy metals in the species *Atriplex canescens* (Purch Nutt). This kind of proteins is responsible to metallic ionic transport and detoxification. The search of similarity sequences using the BLAST tool, showed a significant function similarities with others proteins of the same family in different plants such as *Chenopodium quinoa willd.*, and the plant models like *Arabidopsis thaliana L.* and *Medicago truncatula Gaertn.*

Key words: *A. canescens*, genes, heavy metals associated protein, *in silico*, NCBI, BLASTp.

Introduction

La pollution de l'environnement constitue depuis les années soixante une préoccupation majeure de nos sociétés modernes, c'est un changement défavorable du milieu naturel en modifiant les composantes physiques, chimiques et/ou biologiques [1,2] principalement les sols agricoles. Elle représente un sérieux problème pour l'environnement à cause des rejets de nombreux produits chimiques dont des éléments métalliques (métaux lourds) rejetés par les industries, l'agriculture et les communautés

urbaines [3]. Cette pollution peut avoir un impact direct ou indirect, sur la santé humaine et l'équilibre des écosystèmes. La toxicité des métaux lourds est intimement liée à leurs propriétés oxydo-réductrices et à la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), tels que l'anion superoxyde ou le radical hydroxyle, qui possèdent un électron non apparié. Au niveau cellulaire, les principales cibles des molécules ROS sont l'ADN, les phospholipides membranaires, les protéines et les acides aminés [4]. Les plantes possèdent des systèmes de stockage ou de détoxification leur permettant de diminuer les effets néfastes des métaux lourds. Selon les espèces, ces systèmes sont plus ou moins développés, mais, il semble à l'heure actuelle que trois mécanismes sont prépondérants: la modification de la perméabilité membranaire, qui permet de réduire l'entrée des métaux dans la cellule végétale. Le système antioxydant qui limite les dégâts causés par les ROS et la chélation intracellulaire, qui empêche l'activité de l'ion métallique [5]. La compréhension des mécanismes de tolérance des plantes à la toxicité due au stress métallique, constitue un apport majeur dans le développement des biomarqueurs. *Atriplex* qui est une plante halophile est présente dans les sols pollués par les métaux lourds, est capable de tolérer des concentrations élevées de cadmium, de zinc et de cuivre [6-8]. Cependant, ces mécanismes de tolérance ne sont pas encore bien connus. L'objectif est l'identification *in silico* des protéines et leurs gènes codant responsable de la tolérance aux métaux lourds chez le genre *Atriplex L.*, par l'interrogation des bases de données moléculaires comme (Genbank: NCBI) et la recherche de similitude de séquences avec les molécules trouvées chez les plantes en général et les espèces modèles «*Arabidopsis thaliana L.* et *Medicago truncatula Gaertn.*».

1.- Matériel et Méthodes

1.1.- Matériel d'étude

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de:

- L'espèce *Atriplex* (Pursh Nutt), (2n=18),
- Les espèces modèles, la légumineuse *Medicago truncatula Gaertn.* (2n=16) et *Arabidopsis thaliana L.* (2n = 10) car leurs génomes ont été complètement séquencés.
- La base de données moléculaire: Genbank NCBI: National Center for Biotechnology Information (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

1.2.- Méthode d'étude

1.2.1.- Identification des protéines liées à la tolérance aux métaux lourds chez *Atriplex canescens*

Les étapes de recherche à suivre sont:

- interroger la base des données NCBI.
- écrire les mots - clefs en Anglais «*Atriplex heavy metal*» dans le moteur de la recherche (fig. 1);
- choisir «All Databases» pour généraliser la recherche;
- cliquer sur «search».

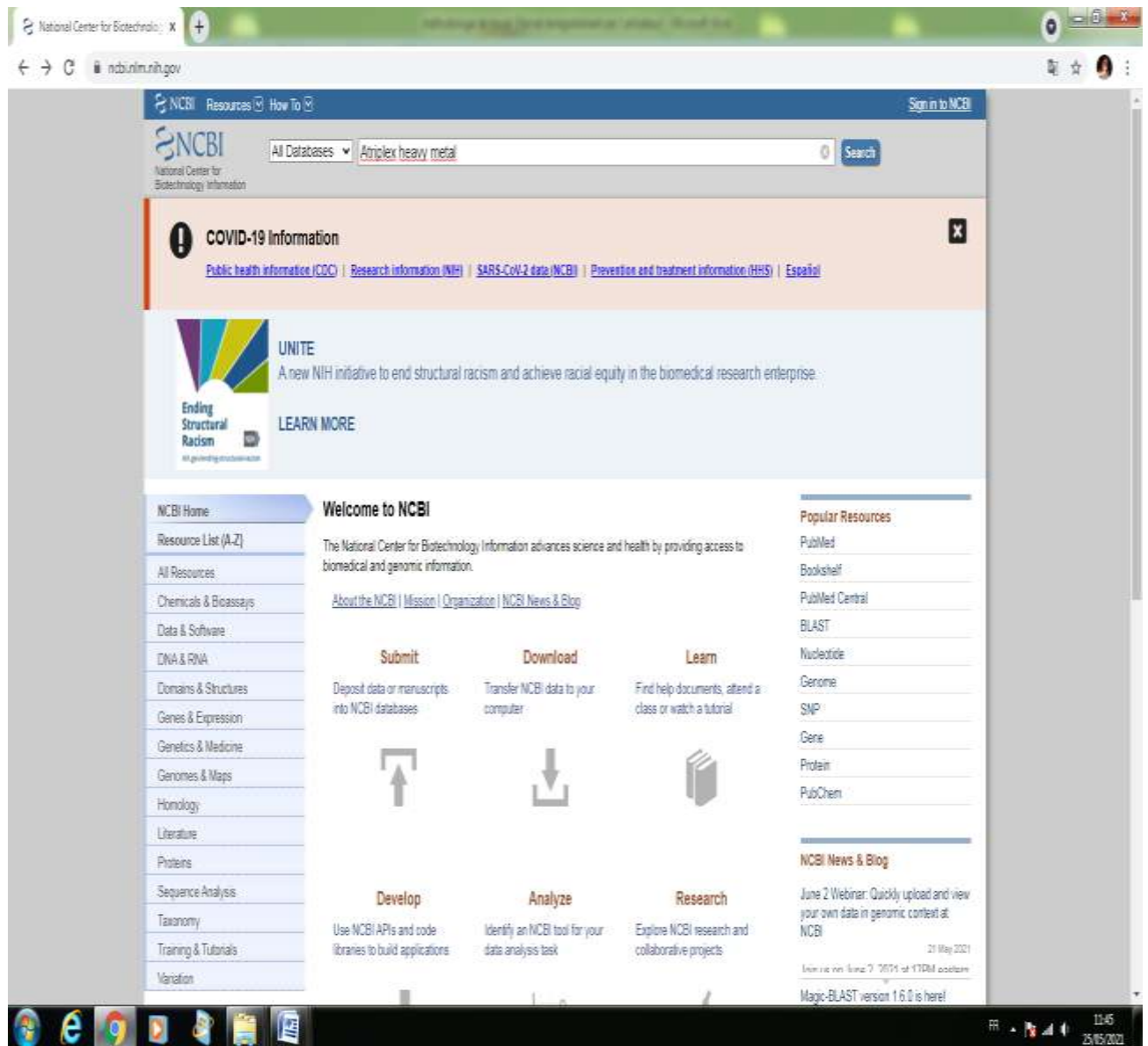


Figure 1.- Interrogation de la base de données NCBI

2.2.- Recherche de similitude de séquence avec la protéine identifiée

- identifier la protéine en relation avec les métaux lourds chez l'*Atriplex*;
- appliquer BLASTp sur la séquence identifiée pour la recherche d'une similitude de séquence protéique avec les plantes utilisées en générale comme organismes cible (fig. 2);
- cliquer sur le bouton BLAST pour analyser les résultats.

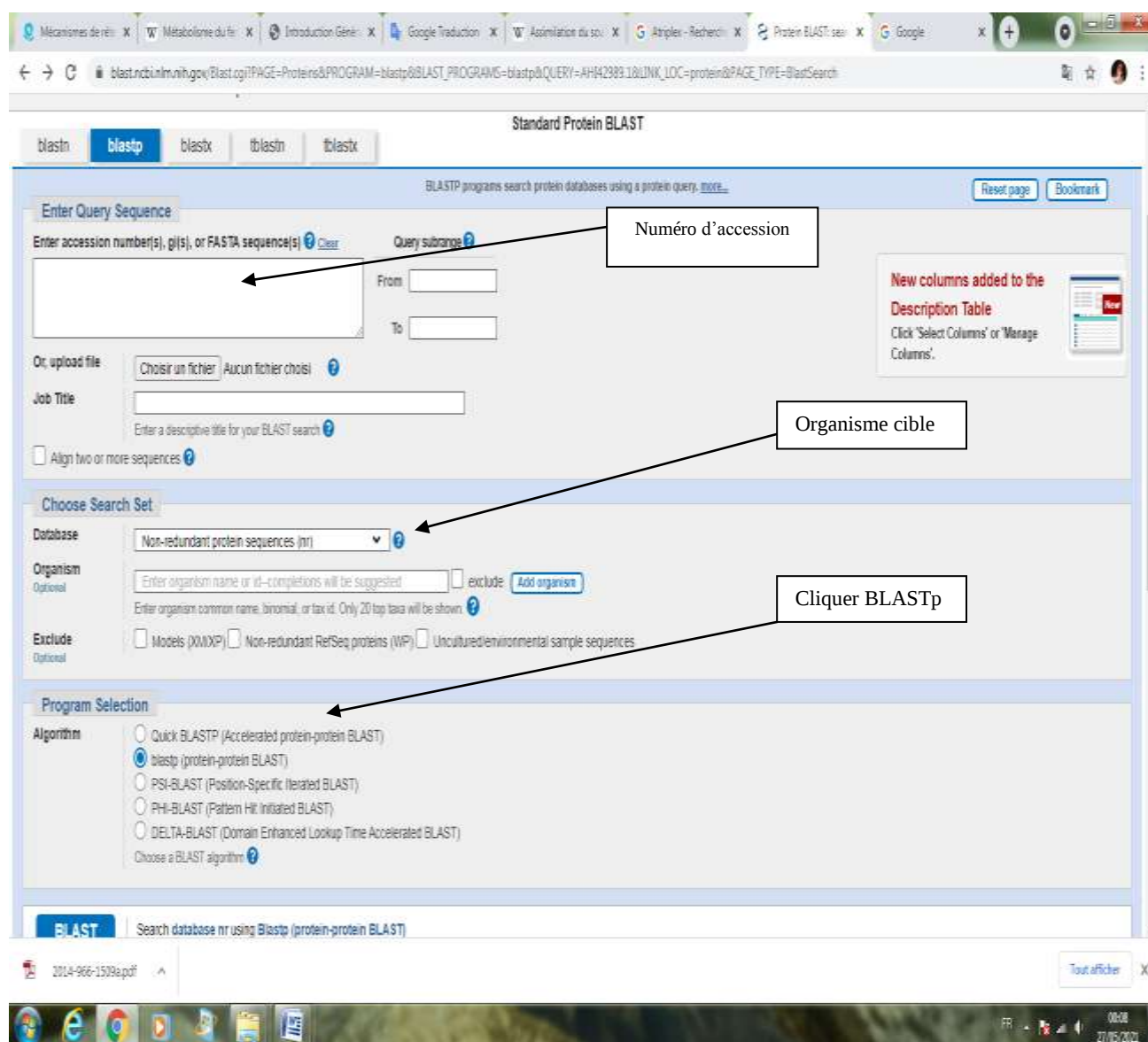


Figure 2.- Interface de l'outil BLAST

2.- Résultats

2.1. - Molécules trouvées en relation avec les métaux lourds chez *Atriplex canescens* (Pursh Nutt)

Les résultats de recherche obtenus dans la base de données NCBI, donnent un ensemble d'informations classées dans des rubriques bien distinctes comme les données bibliographiques (PubMed). Il est retrouvé 8 protéines et 10 séquences nucléotides par contre aucune information n'a été trouvée concernant les gènes (fig. 3). Il a été choisi de travailler sur les protéines; en cliquant sur «proteins».

The screenshot shows the NCBI search interface with the query 'Atriplex heavy metal'. The results are categorized into six databases: Literature, Genes, Proteins, Genomes, Clinical, and PubChem. The 'Literature' section shows results from Bookshelf (1), MeSH (0), NLM Catalog (0), PubMed (45), and PubMed Central (297). The 'Genes' section shows results from Gene (0), GEO DataSets (0), GEO Profiles (0), HomoloGene (0), and PopSet (0). The 'Proteins' section shows results from Conserved Domains (0), Identical Protein Groups (0), Protein (8), Protein Family Models (0), and Structure (0). The 'Genomes' section shows results from Assembly (0), BioCollections (0), BioProject (0), BioSample (0), Genome (0), Nucleotide (10), and SRA (0). The 'Clinical' section shows results from ClinicalTrials.gov (0), ClinVar (0), dbGaP (0), dbSNP (0), dbVar (0), GTR (0), and MedGen (0). The 'PubChem' section shows results from BioAssays (0), Compounds (0), Pathways (0), and Substances (0).

Database	Results
Literature	
Bookshelf	1
MeSH	0
NLM Catalog	0
PubMed	45
PubMed Central	297
Genes	
Gene	0
GEO DataSets	0
GEO Profiles	0
HomoloGene	0
PopSet	0
Proteins	
Conserved Domains	0
Identical Protein Groups	0
Protein	8
Protein Family Models	0
Structure	0
Genomes	
Assembly	0
BioCollections	0
BioProject	0
BioSample	0
Genome	0
Nucleotide	10
SRA	0
Clinical	
ClinicalTrials.gov	0
ClinVar	0
dbGaP	0
dbSNP	0
dbVar	0
GTR	0
MedGen	0
PubChem	
BioAssays	0
Compounds	0
Pathways	0
Substances	0

Figure 3.- Résultats de recherche des molécules en relation avec les métaux lourds chez *Atriplex*

L'interface suivante représente les différentes protéines trouvées (fig. 4). Parmi ces protéines il est choisi le premier «heavy metal associated protein» chez *Atriplex canescens* qui contient 316 acides aminées.

Figure 4.- Liste des protéines en relation avec les métaux lourds chez *Atriplex*.

2.2.- Résultats du blast sur la similitude entre la séquence requête (heavy metal-associated protein) et celle trouvée chez les plantes

Les résultats obtenus par BLAST donnent un tableau de classement des protéines similaires par ordre de significativité (fig. 6) ;

Parmi les protéines classées, il est sélectionné la première protéine (heavy metal-associated protein 7-Like) appartenant à l'espèce *Chenopodium quinoa* avec 74.30% d'identité et un score de 414 et une E-valeur estimée à 8 (e^{-144}), valeur hautement significative (e: désigne la valeur exponentielle et la E-valeur ou expected value est calculée en fonction du score brut, de la longueur des protéines alignées, et de la taille de la base de

données, quand la taille d'une base de données augmente, il y aura plus de chances d'observer un hit fortuit).

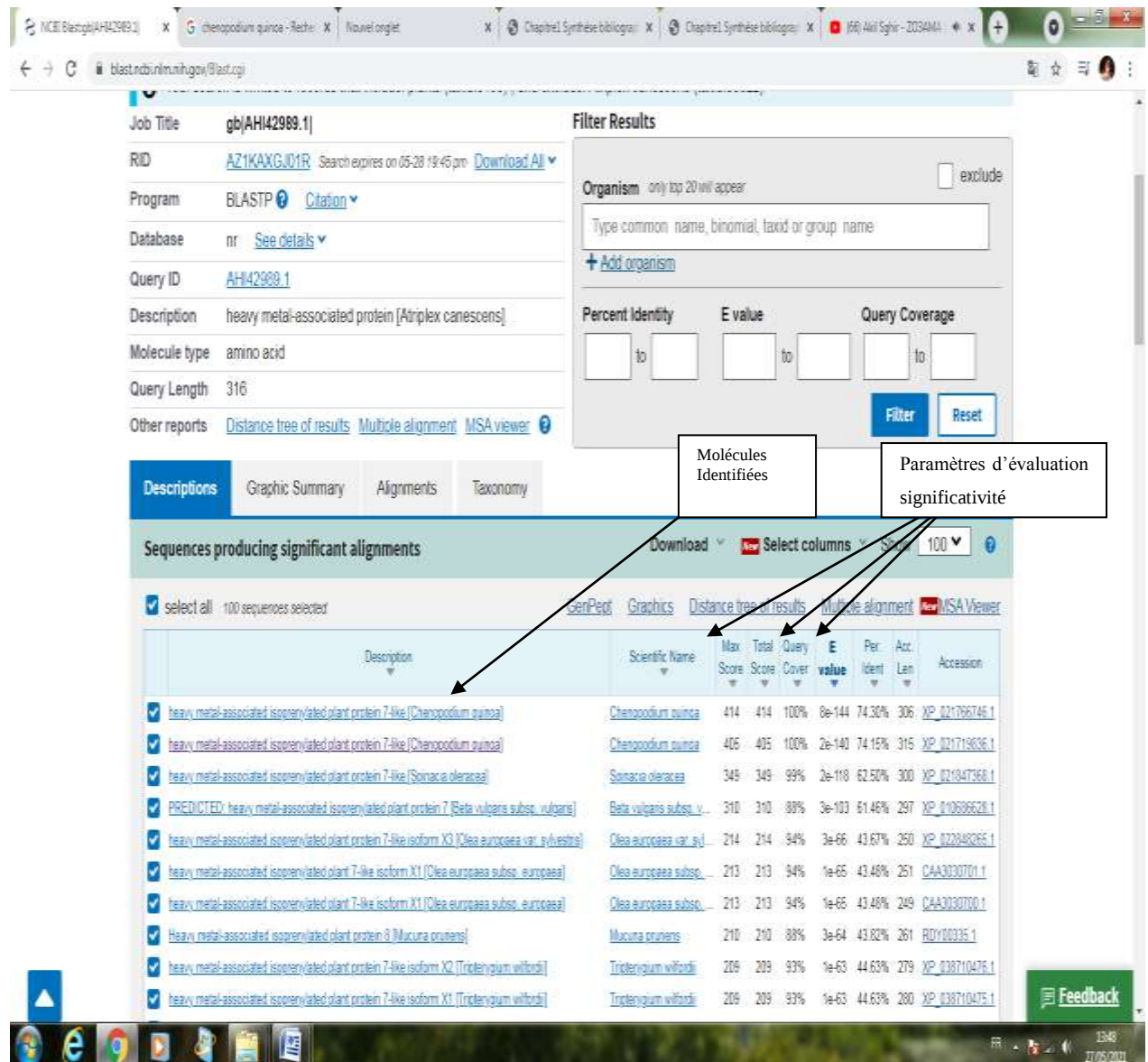


Figure 5.- Description et classement des séquences protéiques similaires obtenus par Blast

Les figures et 7 montrent les paramètres d'alignement obtenus par blast entre la séquence requête (Query sequence) et la séquence trouvée (subject).

Parmi les paramètres évalués:

- identité: 240/223 (74% résidus identiques);
- positive 261/326 (80% résidus similaires: substitutions conservatrices);
- gaps (7%): un niveau acceptable.

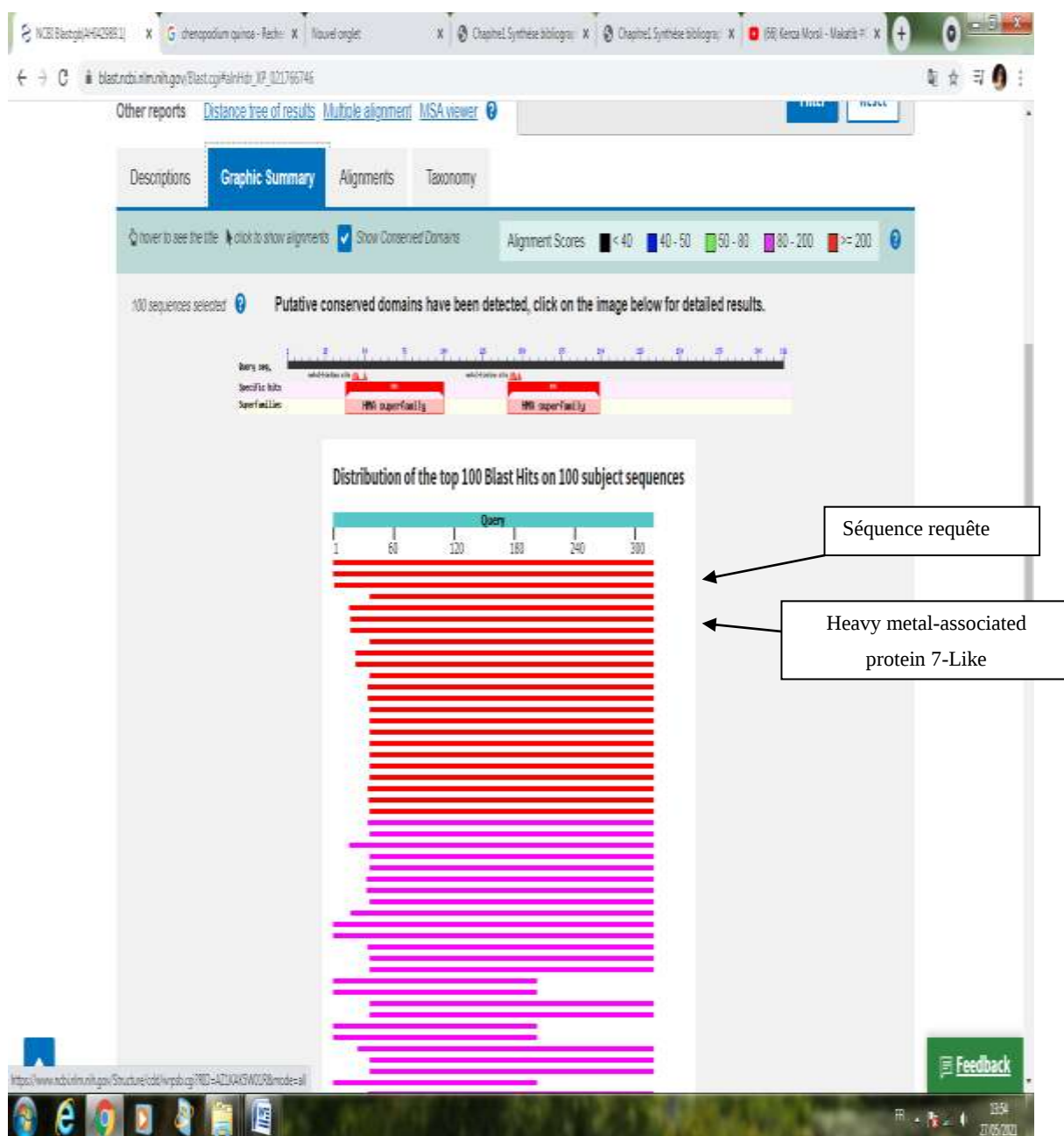


Figure 6.- Représentation graphique du BLAST sur la similitude de séquence de la protéine chez les plantes

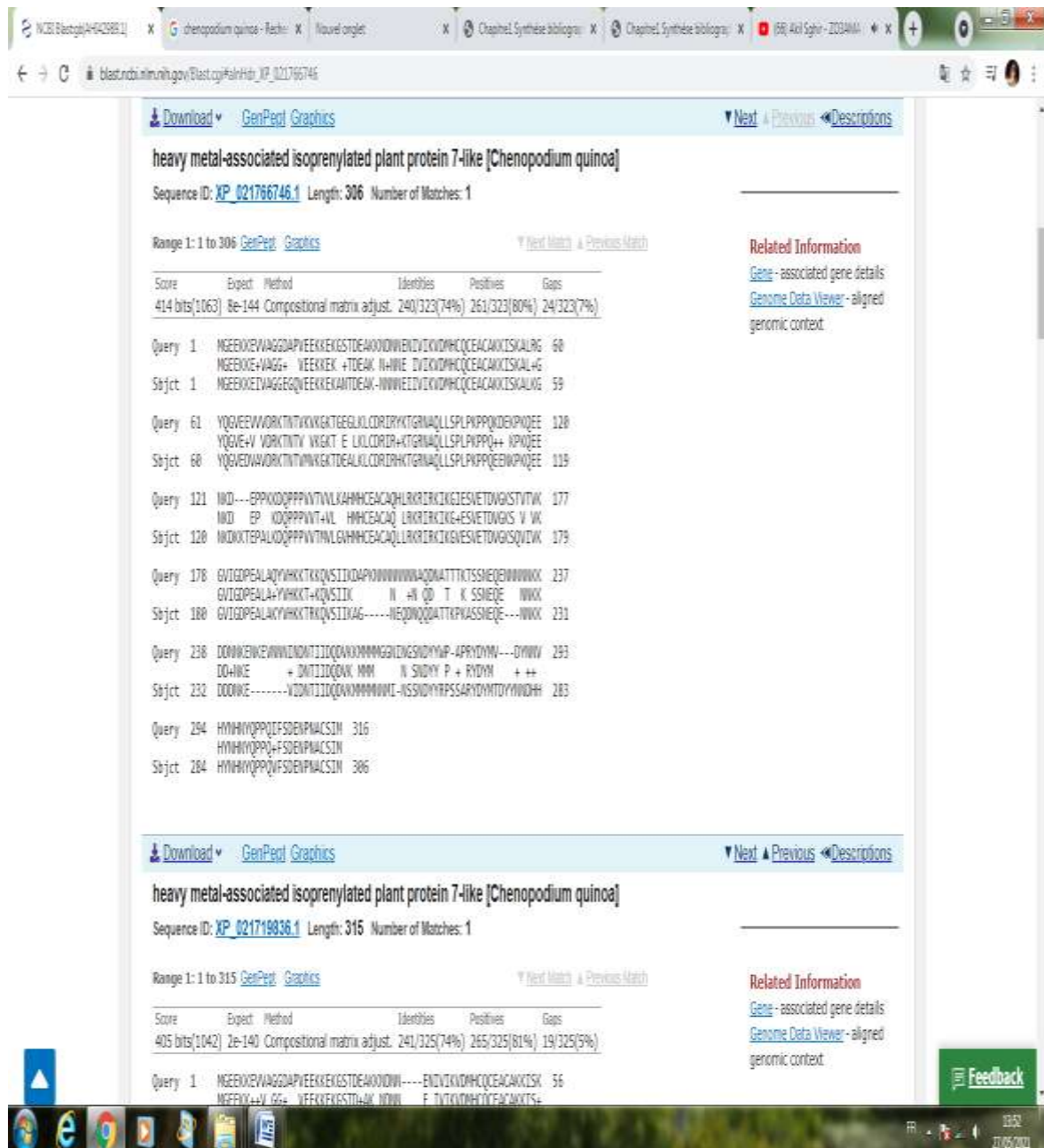


Figure 7.- Résultats d'alignement entre la séquence requête (heavy metal-associated protein) et la séquence trouvée.

Pour la recherche de similitude de séquences chez *Medicago truncatula* de la protéine (heavy metal-associated protein), il est suivi les mêmes étapes que précédemment avec comme organisme cible *Medicago truncatula*.

La protéine similaire trouvée chez *Medicago truncatula* est «heavy metal-associated isoprenylated plant protein 7» avec une identité de 39.72% une E-value: 6 (e^{-50}) et score: 169 (fig. 8)

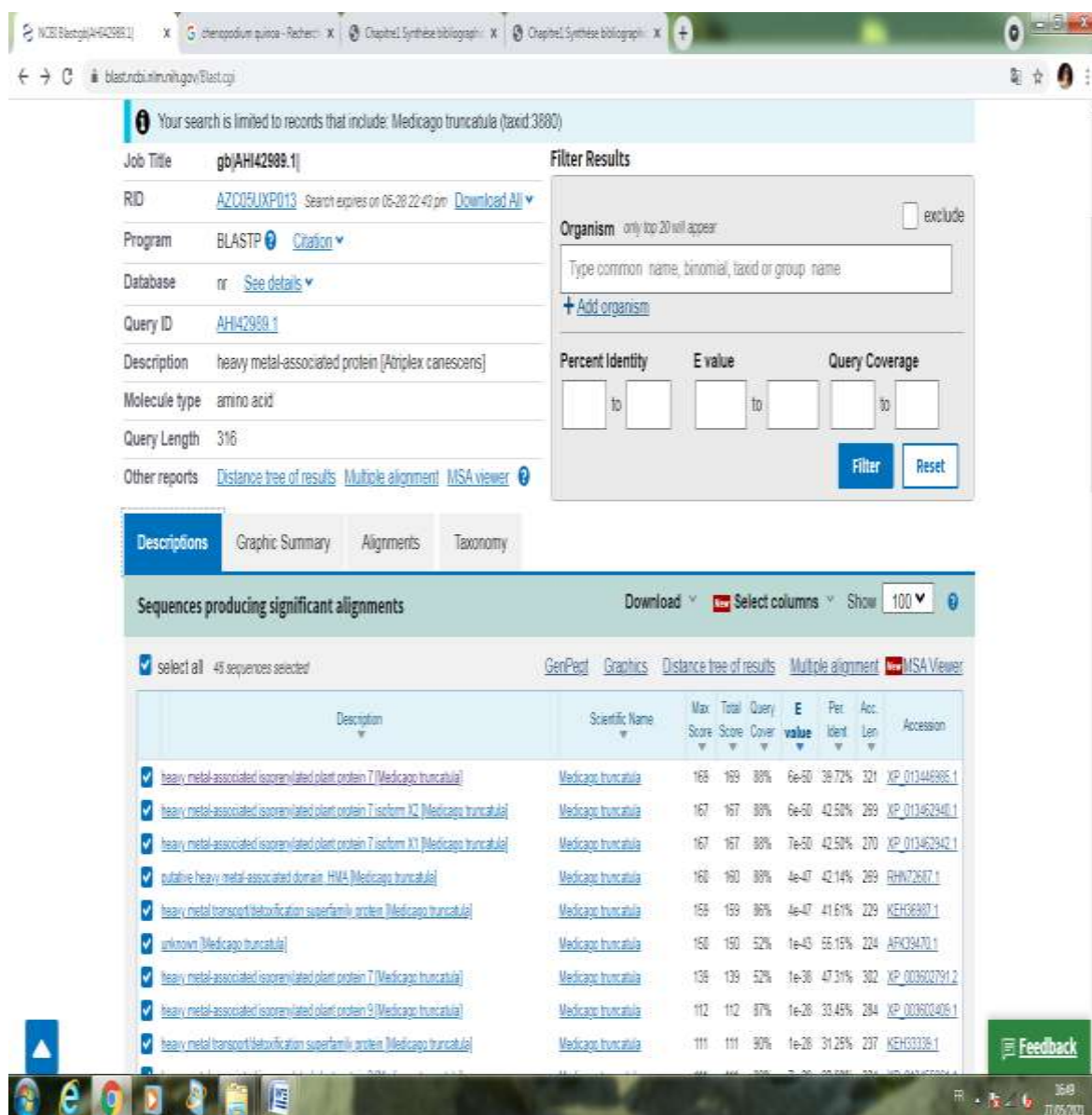


Figure 8.- Résultats des séquences protéiques similaires obtenus chez *Medicago truncatula* (heavy metal-associated isoprenylated plant protein 7)

La figure 9 montre les paramètres d'alignement obtenus par blast entre la séquence requête (Query sequence) et la séquence trouvée (subject).

- Parmi les paramètres évalués:
- identité: 112/282 (40% résidus identiques);
 - positive 170/282 (60% résidus similaires: substitutions conservatrices);
 - gaps (5%): un niveau acceptable.

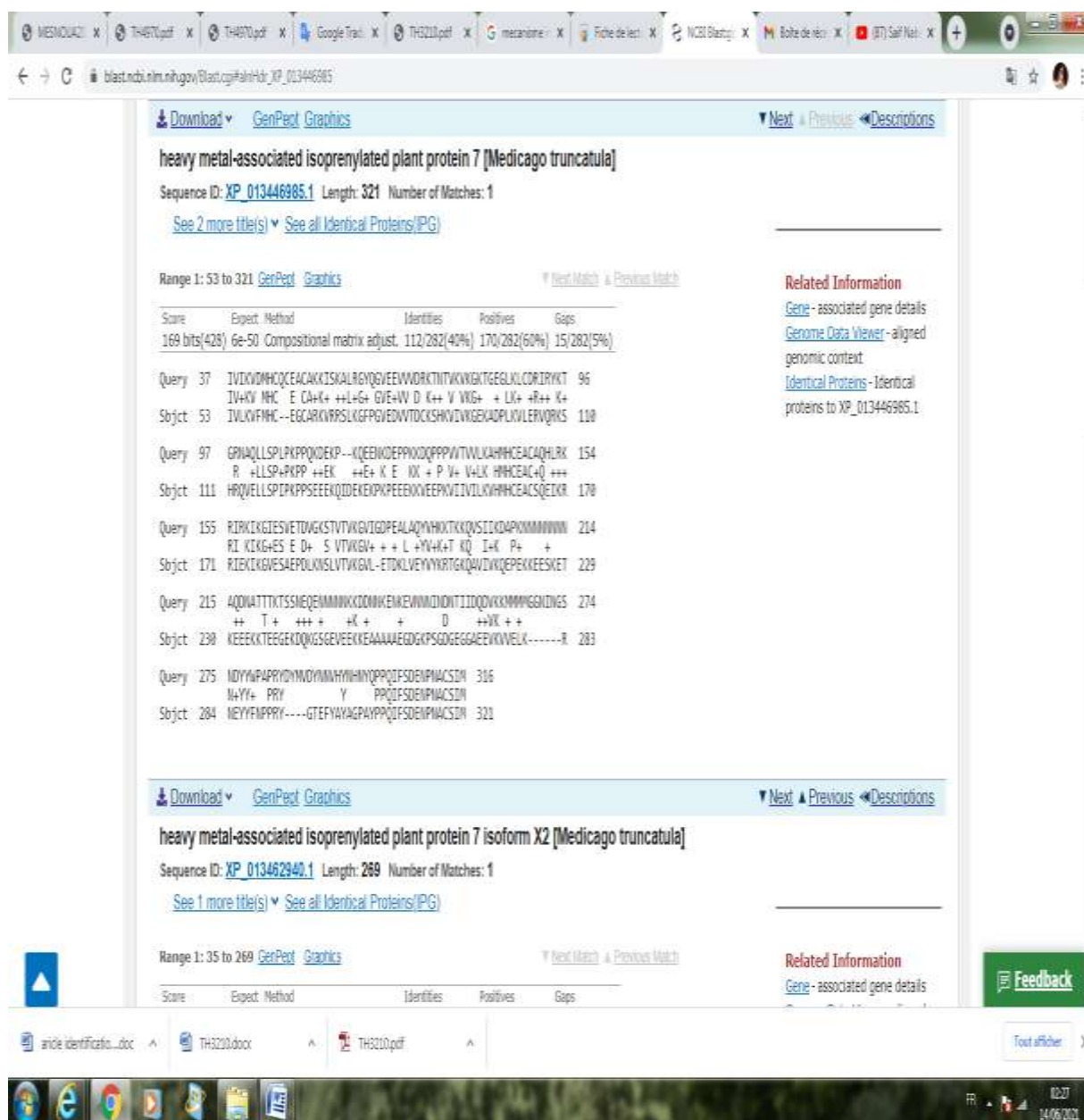


Figure 9.- Résultats d'alignement entre la séquence requête (heavy metal-associated protein) et la séquence trouvée (heavy metal-associated isoprenylated plant protein 7)

2.3.- Recherche de similitude de séquences chez *Arabidopsis thaliana* de la protéine (heavy metal-associated protein).

Il est suivi les mêmes étapes que précédemment: Parmi les protéines classées, il a été sélectionné la troisième protéine (Heavy metal transport/detoxification superfamily protéine) de 81% d'identité, un score de 158 et une E value de 6 (e^{-46}) (fig. 10).

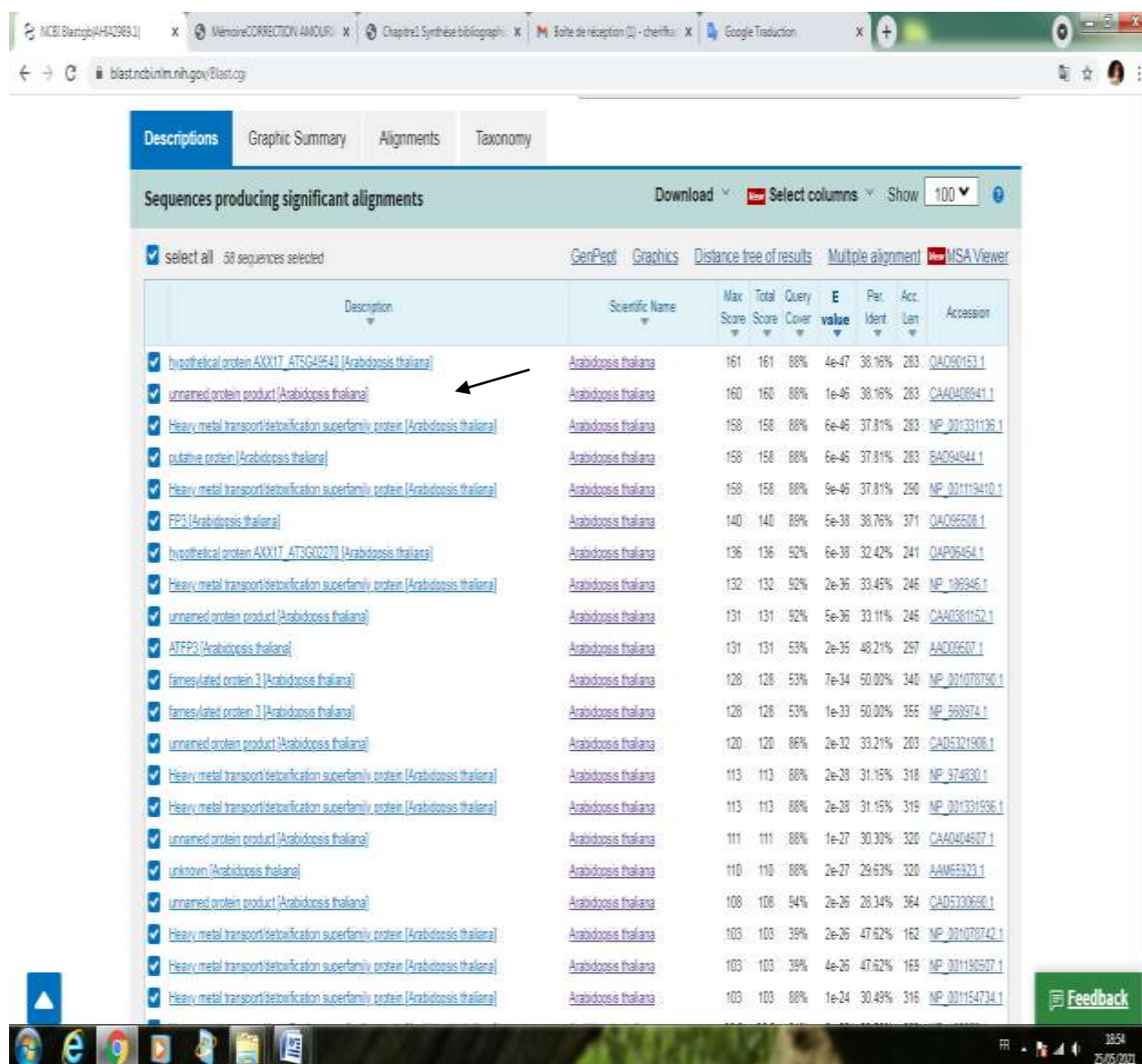


Figure 10.- Résultats des séquences protéiques similaires obtenus chez *Arabidopsis thaliana*

Les paramètres d'alignement obtenus par BLASTp entre la séquence requête (Query sequence) et la séquence trouvée (subject) sont:

- identité: 107/283 (38% résidus identiques);
- positives 157/283 (55% résidus similaires: substitutions conservatrices);
- gaps (10%): un niveau acceptable.

2.4.- Résultats de recherche de la séquence codante de la protéine «heavy metal-associated protein»

En cliquant sur (CDS), il est obtenu la séquence d'ARNm codante pour la protéine «heavy metal-associated protein».

Les informations concernant la séquence codante de l'ARNm (Coding Sequence) sont représentées sur la figure 11.

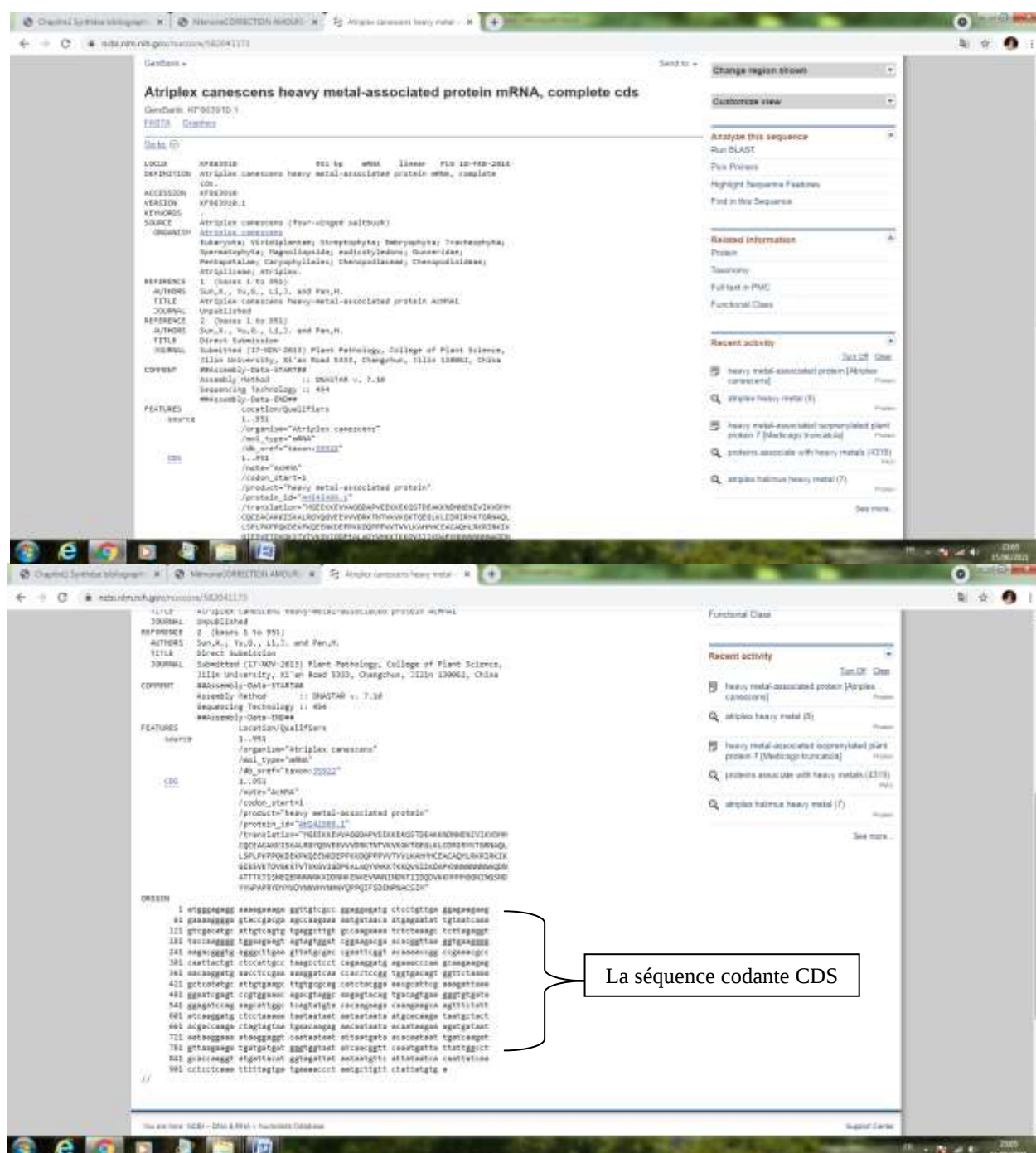


Figure 11.- Résultats de la recherche de la séquence codante de la protéine «heavy metal-associated protein»

La séquence codante (Format FASTA) est la suivante:
Atriplex canescens heavy metal-associated protein mRNA, complete cds:
 GenBank: KF863910.1

> KF863910.1 *Atriplex canescens* heavy metal-associated protein mRNA, complete cds
ATGGGAGAGGAAAAGAAAGAGGTTGTCGCCGAGGAGATGCTCCTGTTGAGGAGAAG
AAGGAAAAGGGGAGTACCGACGAAGCCAAGAAAAATGATAACAATGAGAATATTGT

AATCAAAGTCGACATGCATTGTCAGTGTGAGGCTTGTGCCAAGAAAATCTCTAAAGCT
CTTAGAGGTTACCAAGGGGTGGAAGAAGTAGTAGTGGATCGGAAGACGAACACGGTT
AAGGTGAAGGGGAAGACGGGTGAGGGCTTGAAGTTATGCGACCGAATTCGGTACAAA
ACCGGCCGAAACGCCCAATTACTGTCTCCATTGCCTAAGCCTCCTCAGAAGGATGAGA
AACCCAAGCAAGAAGAGAACAAGGATGAACCTCCGAAAAAGGATCAACCACCTCCGG
TGGTGACAGTGGTTCTAAAAGCTCATATGCATTGTGAAGCTTGTGCGCAGCATCTACG
GAAACGCATTGCGAAAGATTAAAGGAATCGAGTCCGTGGAAACAGACGTAGGCAAGAG
TACAGTGACAGTGAAGGGTGTGATAGGAGATCCAGAAGCATTGGCTCAGTATGTACA
CAAGAAGACAAAGAAGCAAGTTTCTATTATCAAGGATGCTCCTAAAAATAATAATAAT
AATAATAATAATGCACAAGATAATGCTACTACGACCAAGACTAGTAGTAATGAACAA
GAGAACAATAATAACAATAAGAAAGATGATAATAATAAGGAAAATAAGGAGGTCAAT
AATAATATTAATGATAACACAATAATTGATCAAGATGTAAAGAAGATGATGATGATGG
GTGGTAATATCAACGGTTCAAATGATTATTATTGGCCTGCACCAAGGTATGATTACAT
GGTAGATTATAATAATGTTTCATTATAATCACAAATTATCAACCTCCTCAAATTTTATGTG
ATGAAAACCTAATGCTTGTCTATTATGTGA

3.- Discussion

L'analyse «*in silico*» menée tout au long de ce travail sur la recherche des protéines de tolérance aux métaux lourds chez l'*Atriplex* via la base des données NCBI, a permis d'obtenir des informations intéressantes chez cette espèce halophile en comparaison avec les plantes en général et avec les espèces modèles tels que *Medicago truncatula* Gaertn. et *Arabidopsis thaliana* L. Parmi les protéines identifiées, les protéines associées aux métaux lourds HMAPs «Heavy metal-associated protein» (Genbank: AHI42989.1) chez l'espèce *Atriplex canescens* (Purch Nutt). Ce type de protéines contient 316 acides aminés, dont deux résidus cystéine qui sont importants dans la liaison et le transfert des ions métalliques comme le cuivre, le cadmium, le cobalt et le zinc [9] ainsi que des domaines ou motifs conservés contenant approximativement 30 acides aminés [10]. Ces mêmes auteurs ont indiqué que la localisation subcellulaire de ce type de protéines, est la membrane plasmique. En effet, il a été démontré que le cuivre pouvait endommager la membrane par oxydation des protéines membranaires [11] ou inhibition des ATPases [12]. Par conséquent, l'imperméabilité n'est plus assurée et l'entrée des métaux toxiques par diffusion est facilitée [13]. La chélation des ions métalliques dans le cytoplasme suivie de leurs compartimentations dans les vacuoles, ainsi que la réparation des protéines endommagées par le stress métallique. Dès lors, la tolérance pourrait être due en partie à un renforcement de la protection de l'intégrité membranaire. D'ailleurs, les résultats de recherche de similitude de séquence de ce type de protéine a montré un degré de similarité hautement significatif chez l'espèce *Chenopodium quinoa* avec la protéine (heavy metal-associated protein 7-Like), sachant que cette espèce appartient à la même famille que celle de l'*Atriplex canescens* (Purch Nutt) soit la famille des Amarantacées, deux espèces proches génétiquement. L'espèce *Chenopodium quinoa* est une pseudo céréale très riche en protéines. Récemment il a été démontré que cette plante adopte une translocation limitée des métaux lourds toxiques vers d'autres parties de la plante en particulier vers les graines. RADOVANOVIC *et al.* (2020) [13], démontrent que cette espèce a un potentiel et un fort pouvoir d'exclusion du plomb et du cadmium. Concernant la comparaison avec les espèces modèles, une similitude de séquence avec la protéine HIPPs «heavy metal –associated isoprenylated plant protein 7» a été identifiée chez la légumineuse «*Medicago truncatula* Gaertn.». Chez la plante modèle *Arabidopsis thaliana* L., c'est la protéine similaire (Heavy metal transport / detoxification superfamily protein) qui a été identifiée. Ces résultats corroborent avec les travaux de SUN *et al* (2014) [9] faite chez *Atriplex canescens* (Purch Nutt), ces mêmes auteurs ont montré que ces protéines fonctionnent comme transporteur

de métaux lourds et/ou comme protéine de détoxification.

Conclusion

D'après la recherche «*in silico*» des molécules en relation avec la tolérance aux métaux lourds chez la plante halophile *Atriplex*, il a pu être identifié trois types de protéines associées aux métaux lourds HMAPs (heavy metal-associated protein 7-Like, heavy metal –associated isoprenylated plant protein 7 et Heavy metal transport / detoxification superfamily protein) responsables de la tolérance chez l'*Atriplex canescens* et les plantes *Chenopodium quinoa*, *Medicago truncatula* et *Arabidopsis thaliana*. Ces trois types de protéines interviennent dans la chélation et le transport des ions métalliques ainsi que la détoxification en minimisant la translocation des ions toxiques vers les autres parties de la plante.

Références bibliographiques

- [1].- Stengel P. et Gelin S., 1998.- Sol interface fragile. Ed. INRA- Paris. 213 p.
- [2].- Mazoyer M., 2002.- Larousse agricole. Larousse, Montréal (Québec). 767 p
- [3].- Amara R., 2011.- Impact de la pollution sur les écosystèmes côtiers: exemple de la Manche orientale, Vertigo la revue électronique en sciences de l'environnement. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/10990>; doi: <https://doi.org/10.4000/vertigo.10990>.
- [4].- Esteban R., 2006.- Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques: vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution. Biologie végétale. Thèse de doctorat. Université JeanMonnet - Saint-Etienne, Français, 231p.
- [5].- Lefèvre I., Marchal G., Meerts P., Corréal E., Lutts S., 2009.- Chloride salinity reduces cadmium accumulation by the Mediterranean halophyte species *Atriplex halimus* L. Environmental and Experimental Botany. 65: 142–152. doi:10.1016/j.envexpbot.2008.07.005
- [6].- Lotmani B., Mesnoui M., 2011.- Effects of copper stress on antioxidative enzymes, chlorophyll et protein content in *Atriplex halimus*. African Journal of Biotechnology. 10 (50): 10143-10148, doi:10.5897/AJB10.1804.
- [7].- Mateos-Naranjo E., Andrades-Moreno L., Cambrollé J., Perez-Martin A., 2013.- Assessing the effect of copper on growth, copper accumulation and physiological responses of grazing species *Atriplex halimus*: Ecotoxicological implications. Ecotoxicology and Environmental Safety, 90: 136–142. doi:10.1016/j.ecoenv.2012.12.020.
- [8].- Sahlman L., Wong W., Powlowski J., 1997.- A mercuric ion uptake role for the integral inner membrane protein, MerC, involved in bacterial mercuric ion resistance. Journal of Biological Chemistry, 272: 295-295.
- [9].- Sun X. H., Yu G., Li J. T., Jia P., Zhang J. C., Jia C. G., Zhang Y. H., Pan H. Y., 2014.- A heavy metal-associated protein (AChMA1) from the halophyte, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., confers tolerance to iron and other abiotic stresses when

expressed in *Saccharomyces cerevisiae*. International journal of molecular sciences, 15(8):14891–14906. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms150814891>.

- [10].- Dietz K. J., Baier M., Kramer U., 1999.- Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity in plants. In: Prasad, M.N.V. and Hagemayer, J. (Eds.). Heavy metal stress in plants: From molecules to ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, Pp 73-97.
- [11].- Meharg A.A., 1993.- The role of the plasmalemma in metal tolerance in angiosperms. *Physiologia Plantarum*, 88: 191-198.
- [12].- Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001.- Trace elements in soils and plants. 3rd CRC Press, Boca Raton, London, New-York, Washington D.C. 403 p
- [13].- Radovanovic V., Djekic I., Zarkovic B., 2020.- Characteristics of Cadmium and Lead Accumulation and Transfer by *Chenopodium Quinoa* Will. *Sustainability*. 12: 37-89. <https://doi.org/10.3390/su12093789>.

EFFET INSECTICIDE ET ANTICHOLINESTERASE DE L'EXTRAIT AQUEUX FOLIAIRE DE L'ORTIE *Urtica dioica* L. (Urticaceae) SUR LES LARVES L₄ DU *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae)

HAMID OUDJANA Aicha^{1,2*}, ZEGOUBA Bouchra¹, LAHLAH Bachira¹, KEMASSI Abdellah² et OULD EL HADJ Mohamed Didi²

⁽¹⁾Faculté Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre,
Université de Ghardaïa, 27000 Ghardaïa, Algérie

⁽²⁾Laboratoire des Ecosystèmes en zones arides et semi-aride,
Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie

E-mail: nadjah.oudjana2007@yahoo.fr

(Received 02 March 2021 - Accepted 17 May 2022)

Résumé.- La présente étude porte sur l'effet toxique de l'extrait aqueux de feuilles de l'ortie *Urtica dioica* récoltée dans la région d'El-Goléa (Sahara septentrional Est Algérien), sur les larves L₄ de *Culex pipiens* L. L'étude montre que le pourcentage de mortalité cumulée évolue en fonction de la dose appliquée; L'extrait appliqué à différentes concentrations soit 100%, 80%, 60%, 40% et 20% engendre respectivement un pourcentage de mortalité larvaire de 100% au bout de 9h, 11h, 12h, 48h et 72h. Les temps létaux 50 (TL₅₀) estimés sont de 1min 8', 35min, 1h65min et 9h79min et 21h60min enregistré chez les larves traitées par les doses de 100%, 80%, 60%, 40% et 20% respectivement. La dose létale 50 (DL₅₀) estimée étant de 0,0446 mg/ml. Le traitement des larves (L₄) de *Culex pipiens* par différentes doses d'extrait d'*Urtica dioica* montre une diminution importante de l'activité cholinestérasique plus perceptible à la dose la plus forte soit 100% avec une activité de 2,89±0,48 nano-mole /ml/min. L'étude de l'effet biologique de l'extrait foliaire aqueux de l'ortie révèle des propriétés insecticides et anticholinestérasiques intéressantes vis-à-vis les larves de *Culex pipiens*.

Mots clés: *U. dioica*, *C. pipiens*, mortalité, extraits, cholinestérase.

INSECTICIDE AND ANTICHOLINESTERASE EFFECT OF THE AQUEOUS LEAF EXTRACT OF NETTLE (EL HERAYEG), *Urtica dioica* (Urticaceae) ON THE L₄ LARVAE OF *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera, Culicidae)

Abstract.- This study focuses on the toxicity of the aqueous leaves extract of Nettle *Urtica dioica*, collected from El-Golea in the septoriental Algerian Sahara, on *Culex pipiens* L. larvae L₄. The study shows that the percentage of cumulative mortality is proportional to the applied dose; the extract at dilutions 100%, 80%, 60%, 40% and 20% caused 100% larval mortality after 9h, 11h, 12h, 48h and 72h, respectively. The estimated lethal times 50 (LT₅₀) are 1min 8', 35min, 1h65 min, 9h79 min and 21h60 min recorded in larvae treated with 100%, 80%, 60%, 40% and 20% doses respectively. The estimated lethal dose 50 (LD₅₀) was 0,0446 mg/ml. The treatment of *Culex pipiens* larvae L₄ with increasing doses of *Urtica dioica* extract significantly decreased cholinesterase activity. The most noticeable inhibition is that of 100% dilution which decreased the activity to 2,89 ± 0,48 nano-mol/ml/min. The study of the biological effect of the aqueous leaf extract of Nettle provides interesting insecticidal and anticholinesterase properties to nettle against *Culex pipiens* larvae.

Key words: *U. dioica*, *C. pipiens*, toxicity, extract, cholinesterase.

Introduction

Les moustiques, nom vernaculaire de la famille des Culicidés, regroupent plus de 3.500 espèces dont la plupart se trouvent dans les régions tropicales et subtropicales [1]. Ils sont des vecteurs de plusieurs agents pathogènes tels que les bactéries, les virus et les

nématodes; leurs caractères hématophages leur confèrent l'état d'ectoparasites temporaires transmettant à l'homme et aux animaux diverses maladies [2,3]. L'intensification des échanges commerciaux internationaux ainsi que le réchauffement climatique ont permis à certaines espèces de moustiques de coloniser rapidement de nouveaux milieux. Durant la dernière décennie, ces flux migratoires ont entraîné une propagation mondiale sans précédents de maladies [1]. Face à cette situation, les insecticides de synthèse constituent le moyen le plus efficace pour lutter contre ces insectes nuisibles [4]. Quoique l'utilisation massive de ces produits n'ait pas tardé à connaître plusieurs difficultés, les phénomènes de résistance, le déséquilibre des écosystèmes, le manque de spécificité et l'effet rémanent chez les insecticides non biodégradables, sont les plus fréquents. Pour éviter ces problèmes, les recherches sont orientées vers la découverte de nouveaux composants [5], parmi lesquels l'utilisation des extraits végétaux en tant qu'insecticides naturels présentent par conséquent un intérêt purement écologique puisque peu nocifs à l'égard de l'environnement. Certains métabolites inhibent l'activité de plusieurs enzymes chez les insectes, donc les institutions de recherches se sont orientées vers la lutte biologique. C'est un procédé de lutte, consistant à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation rationnelle de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal, soit au règne végétal [6-10].

La présente étude a pour objectif de valoriser les propriétés biologiques de l'Ortie *Urtica dioica* L. provenant de la région de Ghardaïa, via une étude des activités larvicides et anticholinestérasiques de leurs extraits foliaires sur les larves L₄ de *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae).

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel biologique

1.1.1.- *Culex pipiens* L.

L'étude réalisée porte sur des larves de quatrième stade de *Culex pipiens* L. (Diptera, Culicidae) maintenues en élevage dans des conditions contrôlées à une température de $30,6 \pm 2^\circ\text{C}$, une humidité relative de $40 \pm 3\%$ et une photopériode de 12h/12h. À la raison de leur commodité au laboratoire, les larves L₄ sont retenues pour les tests biologiques au laboratoire. Les larves L₄ ont été collectées au cours du mois de février dans un gîte (drain) situé dans une palmeraie au sud de la commune d'El-Atteuf à 9 km au sud de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional algérien). Les échantillons prélevés sont placés dans des bacs en plastique de dimension (30cm x 20cm) remplis d'un litre et demi d'eau du bassin contenant les larves, à l'aide d'une passoire afin de réduire la quantité d'eau lors du prélèvement ainsi une identification des larves est réalisée soigneusement à l'aide d'une loupe binoculaire. Les bacs sont ensuite placés dans une cage cubique de 60 cm³ avec une armature en bois, couverte d'une toile moustiquaire. La cage est dotée de deux trappes coulissantes facilitant la manipulation des insectes. Les larves sont nourries tous les 2 jours d'une mixture composée des dattes broyées et mouillées avec de l'eau, ainsi les adultes femelles et mâles sont nourris de l'eau sucrée et pour assurer une fécondation des femelles, du sang humain est porté de l'hôpital, leur donné chaque deux jours.

1.1.2.- *U. dioica* (Ortie)

La récolte de feuilles de l'Ortie est réalisée dans la région de Hassi Elgara (El-Goléa) de la wilaya de Ghardaïa (Sahara algérien) au mois de décembre 2020. Les feuilles

de la plante sont rincées avec l'eau, et laissées séchées pendant un mois à l'abri de la lumière et dans une température ambiante. Une fois séchées, elles seront broyées jusqu'à l'obtention d'une poudre fine puis conservée dans des bocaux hermétiques en verre portant une étiquette où le nom de l'espèce, la date et lieu de la récolte sont mentionnés.

1.2.- Méthodes d'extraction

Pour la présente étude, deux extractions sont réalisées; la première par reflux sur la poudre de feuilles de *U. dioica*. La deuxième à partir des larves (L₄) de *Culex pipiens* pour extraire l'enzyme cholinestérase.

Deux méthodes d'extraction sont réalisées à fin de réaliser les tests biologiques; la première est une extraction à reflux sur les feuilles broyées de *U. dioica*, elle permet de récupérer un extrait aqueux contenant des métabolites secondaires, la deuxième extraction est réalisée sur les larves (L₄) de *C. pipiens* afin de récupérer l'enzyme cholinestérase sous forme native.

1.2.1.- Préparation des extraits foliaires

L'extrait aqueux est obtenu par une extraction par reflux de 100 grammes de la poudre végétale dans une solution hydro-méthanolique (2/3 de méthanol et 1/3 d'eau distillée). Le ballon est surmonté par un réfrigérant permettant la condensation des fractions volatiles organiques lors d'extraction. Le mélange est porté à ébullition à 50°C pendant 6 heures. L'homogénat est refroidi et filtré à l'aide d'un papier filtre standard. Pour éliminer le méthanol, le filtrat est soumis à une évaporation sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif muni d'une pompe à vide à une température de 50°C pendant 2 heures. Le produit obtenu, est un extrait aqueux conservé dans un bocal hermétiquement fermé et couvert par du papier aluminium, qui servira par la suite aux tests biologiques.

1.2.2.- Extraction de l'enzyme (acétylcholinestérase)

L'extraction d'enzyme acétylcholinestérase des moustiques est réalisée à froid selon la méthode proposée par LIU et *al.* (2007) [11]. Elle consiste à isoler individuellement les larves du quatrième stade (L₄) des moustiques et de les homogénéiser par broyage dans un mortier à fin de faciliter la récupération de l'enzyme cholinestérase. L'homogénat est récupéré dans 0,5 ml d'eau glacée et 1 ml d'un mélange de 0,1 M tampon phosphate (pH 7,5) contenant 0,1% de triton X-100. Une sédimentation est ensuite effectuée par centrifugation à 10.000 g pendant 20 minutes. Le surnageant renfermant l'enzyme est récupéré à l'aide d'une micropipette.

1.3.- Tests biologiques

1.3.1.- Test de la mortalité

Les tests réalisés sont inspirés de l'étude proposée par KEMASSI et *al.* (2015) [2]. Il est préparé des tubes à essai en verre contenant chacun 1ml d'eau du gîte larvaire et dans chaque tube, 4 larves au stade L₄ de *C. pipiens*, sont introduits. Une série de dilutions de: 20%, 40%, 60%, 80%, 100% est préparée. Le témoin contient de l'eau distillée. Pour chaque tube contenant les larves, est rajouté 500 µl d'une dilution, soit un volume total dans chaque tube de 1,5ml est obtenu. La mortalité des individus est notée après chaque

heure.

1.3.2.- Mesure de l'activité de cholinestérase

L'étude de l'effet d'extrait aqueux foliaire est réalisée *in vitro*, l'analyse consiste à incuber l'enzyme cholinestérase native récupérée de chaque moustique individuellement avec l'extrait foliaire et de déterminer l'activité enzymatique. 500µl de l'extrait enzymatique est mélangé avec 500µl d'eau pour les individus témoins, ou avec 500µl de différentes doses de l'extrait foliaire d'*Urtica dioica* pour les individus traités, après 30min d'incubation à température ambiante, l'échantillon est récupéré pour mesurer l'activité de cholinestérase [12].

La mesure de l'activité enzymatique de cholinestérase repose sur la méthode D'ELLMAN *et al.* (1961) [13]. Le mélange réactionnel est réalisé directement dans la cuve de dosage. L'activité est évaluée contre un blanc à 25°C, dans un tampon phosphate de sodium (0,1 mol⁻¹, pH= 7,4) en présence d'un volume de substrat et de DNTB (500µl) et d'un volume d'échantillon (500 µl). L'absorbance est mesurée à 412 nm pendant 5 minutes avec un intervalle de temps (60 secondes) entre chaque mesure, à l'aide d'un spectrophotomètre de type SpectroScan 40. L'activité enzymatique est estimée par la formule suivante:

$$A = \frac{\Delta DO.V}{(t_2 - t_1). \epsilon.d.x}$$

ΔDO: variation de la densité optique à 412 nm

t₁: temps initial de lecture

t₂: temps final de lecture après un intervalle de 60 s

ΔDO.V(t₂-t₁).ε.d.xε: Coefficient d'extinction spécifique de l'acide dithiobis-nitrobenzoïque à 412 nm pour une réponse en nanomoles transformés, estimé à 13,6.10³ mol⁻¹.cm⁻¹.

d: épaisseur de la cuve 1 cm.

V: volume de milieu d'incubation dans la cuve en ml.

x: prise d'essai en ml.

A: Activité enzymatique en nanomoles. min⁻¹.ml⁻¹.

1.4.- Exploitation des résultats

1.4.1.- Taux de la mortalité

La mortalité est le premier critère de jugement de l'efficacité d'un traitement chimique ou biologique [14]. Le pourcentage de la mortalité cumulée observée chez les larves de *Culex pipiens* témoins et traités, est estimé en appliquant la formule suivante:

$$\text{Mortalité observée} = (\text{Nombre de morts} / \text{Nombre total des individus}) \times 100$$

[14]

1.4.2.- Temps de la mortalité (TL₅₀)

Le temps léthal 50 (TL₅₀), correspond au temps nécessaire pour que 50% des individus d'une population morte suite à un traitement par une substance quelconque. Il est estimé à partir de la droite de régression des probits correspondants au pourcentage de la

mortalité corrigée en fonction des logarithmes du temps de traitement. La formule de SCHNEIDER et la table des probits sont utilisées.

$$MC = [M_2 - M_1 / 100 - M_1] \times 100$$

*MC: % de mortalité corrigée,

*M₂: % de mortalité dans la population traitée,

*M₁: % de mortalité dans la population témoin [15].

1.4.3.- Dose létale (DL₅₀)

La Dose Létale 50 (DL₅₀) correspond à la quantité d'une matière, administrée en une seule fois, qui cause la mort de 50% d'un groupe d'individus traité. La DL₅₀ est une façon de mesurer le potentiel toxique à court terme (toxicité aiguë) d'une matière [15]. Pour la présente étude, la méthode des probits est suivie. Elle consiste à convertir les doses en logarithme décimaux et les valeurs de mortalité corrigée en probits en se servant de la table des probits [16].

1.5.- Analyse statistique

Pour suivre le niveau de la signification et déterminer l'influence des facteurs étudiés ou des interactions entre les facteurs, l'analyse de la variance ANOVA est utilisée. Les résultats de l'activité d'enzyme cholinestérase sont interprétés statistiquement à l'aide du logiciel «XLSTAT 2014.5.03». La probabilité inférieure à 0,01 donne un effet hautement significatif, à 0,05 un effet significatif et pour une probabilité supérieure à 0,05, il est considéré que l'effet n'est pas significatif.

2.- Résultats

2.1.- Effet de l'extrait foliaire d'*Urtica dioica* sur la mortalité chez les larves L₄ de *C. pipiens*

Un suivi expérimental pendant 72 heures (3 jours) est réalisé sur les larves L₄ de *Culex pipiens* L. traitées à différentes concentrations d'extrait aqueux d'*Urtica dioica* (Urticaceae). La figure 1 illustre la cinétique de la mortalité cumulée des larves L₄ de *Culex pipiens* L. au niveau de différents lots traités et témoins.

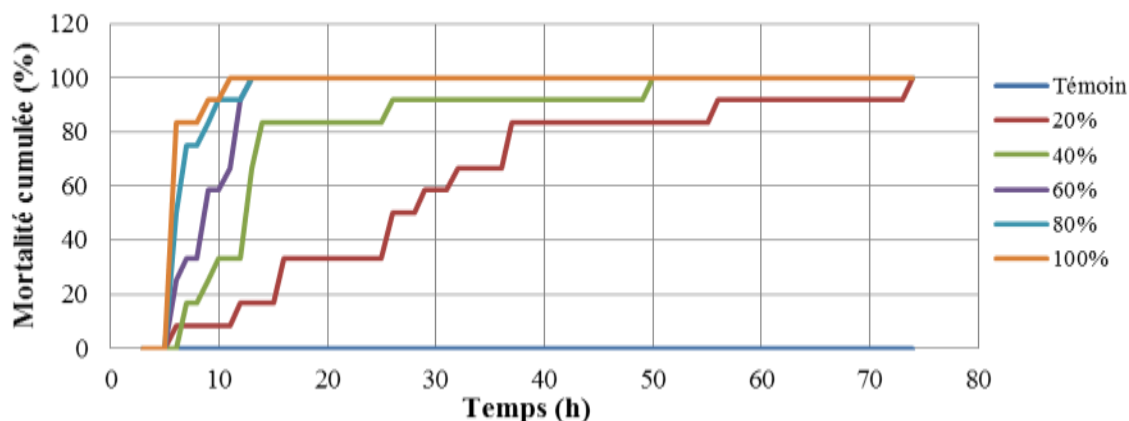


Figure 1.- Cinétique de la mortalité cumulée observée chez les larves (L₄) de *C. pipiens* témoins et traitées par l'extrait aqueux foliaire d'*U. dioica*

Les taux de mortalité cumulée des larves L₄ augmentent chaque heure pour atteindre un taux maximal au bout de 9 heures d'exposition (toxicité chronique). Le traitement des larves (L₄) de *C. pipiens* par les extraits aqueux pur (100%) montre un taux de mortalité de 100% au bout de 9 heures. Le pourcentage de mortalité de 100% est atteint au bout de 72 heures au niveau de tous les lots traités. Le pourcentage de la mortalité chez les individus traités à différentes concentrations (80%, 60%, 40% et 20%) est inversement proportionnel au temps. Un extrait aqueux des fruits de *Citrullus colocynthis* Schrad. (Cucurbitaceae), montre une toxicité élevée contre *Culex pipiens* (Diptère, Culicidae) et *Culiseta longiareolata*, M. (Diptère, Culicidae) [17]. Le taux de mortalité le plus élevé (100%) a été observé à partir de 100mg/l après 72 heures d'exposition, ou avec la dose de 200 mg/l après uniquement 48 heures d'exposition à l'extrait aqueux des fruits de *C. colocynthis*.

Les larves de *C. pipiens* traitées à l'aide de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiacées), montrent un taux de mortalité qui varie en fonction de la concentration en extrait et du temps, car 100% de mortalité est noté pour les concentrations 100%,75%,50% et 25%, de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana*, les autres concentrations de 15%,10%, 5% et 1% montrent un taux de mortalité décroissant avec la diminution de la concentration avec 86,67%, 73,33%, 63,33% et 56,67 respectivement [2]. L'extrait aqueux de *Laurus nobilis* (Lauraceae) est toxique pour les larves L₄ de moustiques (*Culex pipiens* L.). Cet extrait montre une activité larvicide avec une relation dose-réponse, une toxicité élevée au niveau des L₂, comparativement aux L₃ et L₄. Cette sensibilité est encore plus élevée lorsque l'exposition des larves aux insecticides est prolongée dans le temps (48h et 72h) [18]. Aouinty *et al.* (2006) rapportent que des larves L₄ de *C. pipiens* traités à différentes concentrations d'extraits aqueux de cinq plantes: *Ammi visnaga* Lam. (Apiaceae), *Tetraclinis articulata* L. (Cupressaceae), *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), *Nerium oleander* L. (Apocynaceae), *Inula viscosa* L. Ait. (Asteraceae) 24 h durant, présentent des taux de mortalité variables selon les concentrations. A l'exception de *N. oleander*, la mortalité des larves atteint un taux de 100 % à partir d'une concentration de 4 %, pour tous les extraits. Pour l'extrait de *R. communis*, une mortalité de 100% est notée à partir de 1% de concentration. Les extraits les plus toxiques restent les feuilles du ricin et du bois de thuya et le moins toxique celui des feuilles du *N oleander* [19].

2.2.- Efficience biocide de l'extrait aqueux d'*Urtica dioica* sur les larves L₄ de *C. pipiens*

Au vu des résultats présentés du tableau 1 et la figure 2, il est noté que la dose létale 50 est de DL₅₀= 0,045 mg/ml.

Tableau I.- Équation de régression, coefficient de régression et les valeurs de DL₅₀ pour l'extrait aqueux d'*U. dioica* après 72h de contact

Equation de régression	Coefficient de Régression	Dose létale 50 [mg/ml]
Y=5,4278X+12,326	R ² =0,924	0,045

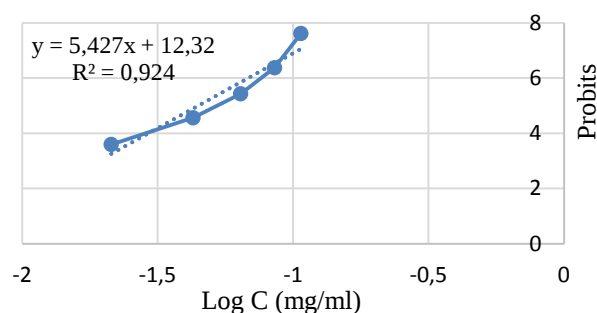


Figure 2.- Relation entre la mortalité corrigée des larves (L_4) de *C. pipiens* et la dose de l'extrait aqueux foliaire d'*U. dioica* (Ortie)

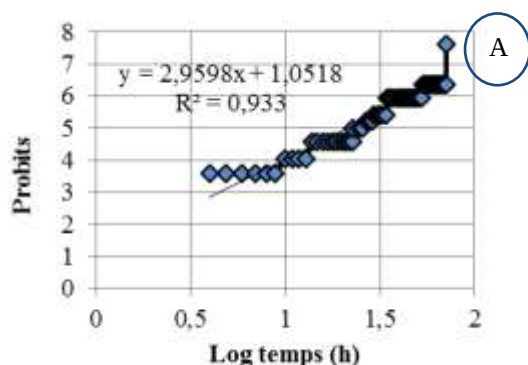
El-AKHAL *et al.* (2015) ont évalués une activité larvicide sur les larves (L_4) de *Culex pipiens* exposés pendant 24 h à l'extrait de feuilles de *Thymus vulgaris* (Lamiacées), il s'avère que la concentration minimale responsable de la mortalité de 100% des individus est de 220 ppm avec une $DL_{50} = 103\text{mg/ml}$ [20].

2.3.- Temps létaux 50 de l'extrait aqueux d'*U. dioica* sur les larves L_4 de *C. pipiens*

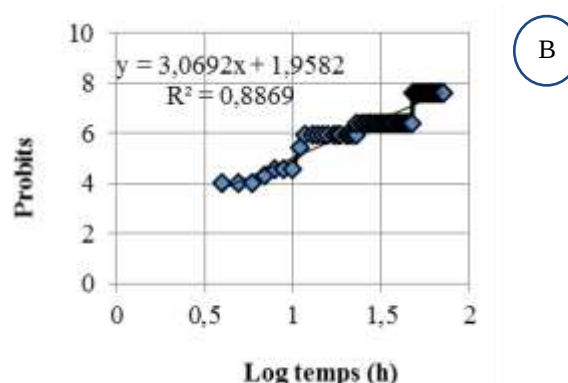
Au vu des valeurs des TL_{50} de chaque concentration en extrait aqueux foliaire d'*U. dioica* dans le tableau 2 et la droite de régression des probits en fonction du logarithme des durées du traitement représentée sur la figure 3 (A, B, C, D). Il apparaît que les extraits foliaires d'*U. dioica* à 100% et 80% présentent une valeur minimale du TL_{50} avec respectivement 0,03h et 0,35h. Ils apparaissent les plus toxiques que les autres concentrations. Cela signifie une rapidité d'action particulière vis-à-vis des larves (L_4) de *C. pipiens*. Pour les autres concentrations le temps léthal 50% augmente avec la diminution de la dose, avec 1,65h pour la dose 60%, 9,79h pour la dose 40%, cependant la valeur maximale de TL_{50} correspond à la dose la plus faible de l'extrait aqueux de 20% soit 21,60h. HABBACHI *et al.* (2014) [21] signalent des TL_{50} plus élevés chez les larves L_4 du *Culex pipiens* traitées par l'extraits aqueux foliaires des plantes fraîches de *Daphne gnidium* L. (Thymelaeaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) avec 6,17 et 4,47 jours chez les larves L_4 traitées par une concentration maximale de 300 g/l.

Tableau II.- Équation des droites de régression, coefficients de régressions et les valeurs de TL_{50} évaluées pour les cinq concentrations de l'extrait aqueux

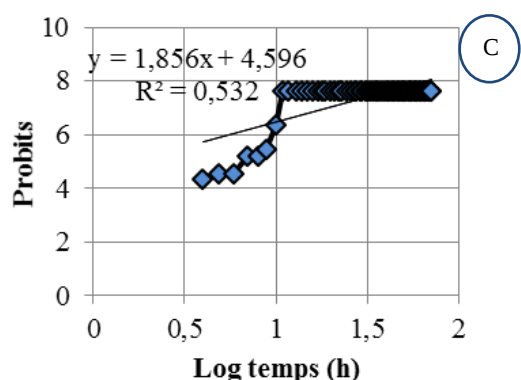
Concentration (%)	Equation de régression	Coefficient de régression	Temps léthal 50 (heure)
100	$Y=0,832x+6,266$	$R^2=0,436$	0,03
80	$Y=1,257x+5,570$	$R^2=0,532$	0,35
60	$Y=1,856x+4,596$	$R^2=0,532$	1,65
40	$Y=3,069x+1,958$	$R^2=0,886$	9,79
20	$Y=2,959x+1,051$	$R^2=0,933$	21,60



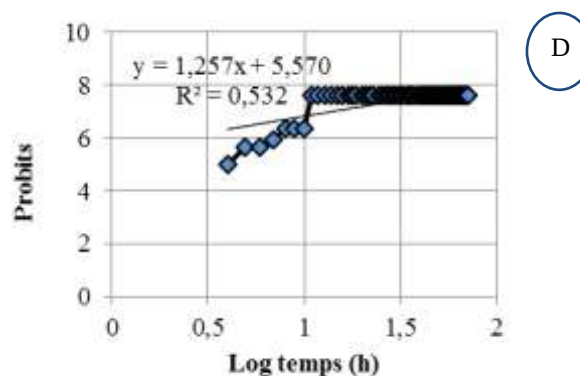
Action de l'extrait à la dose 20% dans le temps.



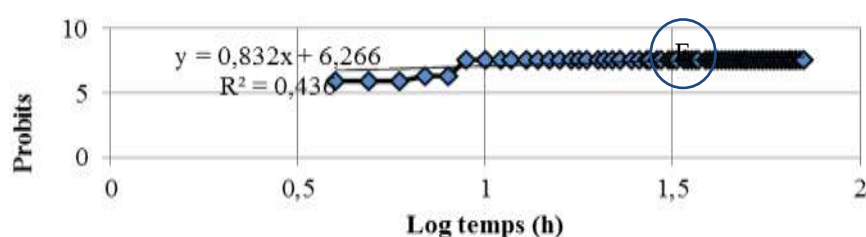
Action de l'extrait à la dose 40% dans le temps.



Action de l'extrait à la dose 60% dans le temps.



Action de l'extrait à la dose 80% dans le temps.



Action de l'extrait à la dose 100% dans le temps

Figure 3A, B, C, D, E.- Action de l'extrait aqueux foliaires de l'*U. dioica* sur les larves (L₄) de *C. pipiens*

2.4.- Effet des extraits aqueux de l'*U. dioica* sur l'activité d'enzyme cholinestérase

Les résultats de la figure 4, laissent apparaître que la diminution de l'activité cholinestérasique est inversement proportionnelle à la dose de l'extrait. Il est noté des variations de l'activité cholinestérasique chez les larves témoins de $5,59 \pm 0,35$ nanomole /mn/ml et les larves traitées. Les valeurs sont de $5,53 \pm 1,33$ nanomole /mn/ml pour les larves traitées par la dose 20%, de $4,88 \pm 2,70$ nanomole /mn/ml pour les larves traitées par la dose 40%, de $4,54 \pm 0,93$ nanomole /mn/ml pour les larves traitées par la dose 60% et de $3,99 \pm 0,48$ nanomole /mn/ml, pour les larves traitées par la dose 80%. La plus faible activité cholinestérasique est de $2,89 \pm 0,48$ nanomole /mn/ml enregistrée pour la dose 100%.

L'analyse de la variance de l'effet de l'extrait foliaire de la plante *U. dioica* sur l'activité d'enzyme cholinestérase montre une différence hautement significative dans les valeurs de l'activité d'enzyme cholinestérase rapportées chez les larves traitées par les

doses 100%, 80%, 60%, 40%, 20% avec un facteur F égal à $F = 595,5379$; $P = 0,000011$, $F = 389,4744$; $P = 0,000026$, $F = 155,6069$; $P = 0,000161$, $F = 37,04046$; $P = 0,002624$ et ($F = 149,9226$; $P = 0,000173$ respectivement, comparativement aux larves témoins. Ainsi l'analyse des groupes homogènes par le test Anova-Tukey montre trois groupes homogènes A, AB et B.

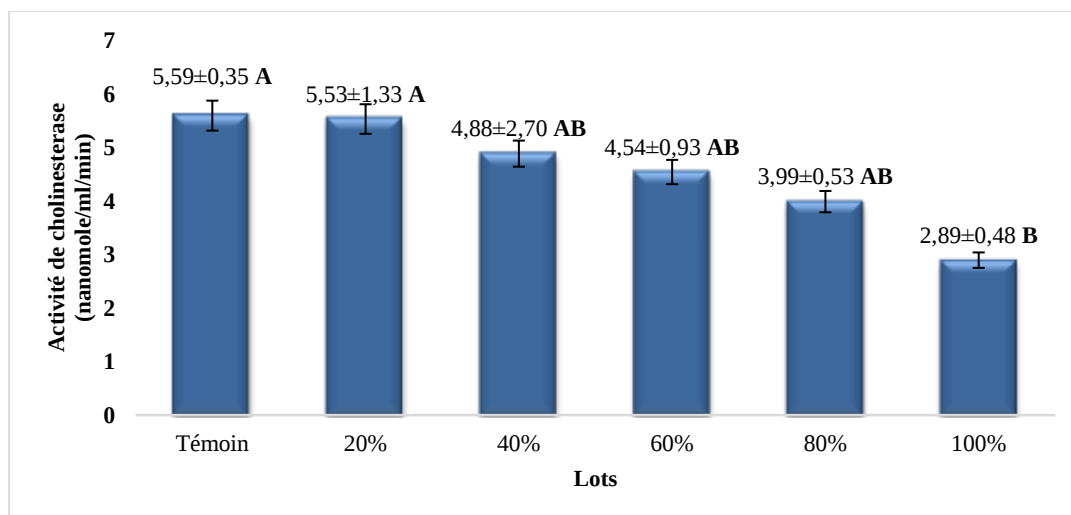


Figure 4.- Activité d'enzyme cholinestérase chez les larves de stade 4 de *Culex pipiens* témoins et traités par différentes dose d'extrait de l'*Urtica dioica* (ortie)

Conclusion

Le traitement des larves (L_4) de *C. pipiens* par des extraits aqueux à différentes concentrations (100%, 80%, 60%, 40%, 20%) d'*U. dioica*, montre que les taux de mortalité cumulée des larves (L_4) augmentent chaque heure pour atteindre un taux maximal avec une mortalité larvaire de 100% pour les lots traités par l'extrait aqueux pur, les autres lots traités, montrent un pourcentage de mortalité qui augmente en fonction de la concentration en extrait appliquée. Un taux de mortalité de 100% est atteint au bout de 72 heures. L'évaluation des doses létales (DL_{50}) et des temps létaux (TL_{50}) montre le fort pouvoir insecticide des extraits aqueux de la plante. Des variations très importantes de l'activité cholinestérasique entre les larves (L_4) témoins qui sont de $5,59 \pm 0,35$ nanomole /mn/ml et les larves traitées, sont notées. L'activité cholinestérasique la plus faible est de $2,89 \pm 0,48$ enregistrée pour la dose de 100%. L'effet larvicide des extraits foliaires aqueux d'*U. dioica* sur les larves L_4 de *C. pipiens*, est confirmé.

Références bibliographiques

- [1].- Tetreau G., 2006.- Devenir du bio insecticide *Bti* dans l'environnement et impact sur le développement de résistances chez le moustique. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, France: 385.
- [2].- Kemassi A., Boukhari K., Cherif R., Ghada K., Bendaken N., Bouziane N., Boual Z., Bouras N et Ould el hadj-Khelil A., Ould el hadj M. D., 2015.- Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae). ElWahat pour les Recherches et les Etudes, vol. 8 n°1: 44-61.
- [3].- Soltani N., Larhem A.B., Boujelida H., 2010.- Lutte chimique contre le moustique: évaluation d'un insecticide sélectif à l'égard des larves de *Culex pipiens*. Ed. Himmi.

Actes de la CIFE VI, Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat, N° 47: 177-182.

- [4].- Aouinty B., Oufara S., Melloukki F., Mahari S., 2006.- Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc.* 10 (2): 67-71.
- [5].- Karch S. et Charles J. F., 1987.- Toxicity, Viability and Ultrastructure of *Bacillus sphaericus* 2362 Spore/Crystal Complex Used in the Field. *Annales de l'Institut Pasteur/Microbiologie*, 138:485-492.
- [5].- Zohoun G. A., 2011.- Problématique de conservation des collections naturelles, des parcs et jardins historiques en milieux urbanisés africains: processus de plan de gestion durable, cas du jardin des plantes et de la nature (JPN) de Porto-Novo, Bénin. Université Senghor d'Alexandrie, Master en développement et gestion du patrimoine culturel, 93 p.
- [6].- Thiam A., 1991.- Problématique de l'utilisation des insecticides chimiques dans la lutte anti-acridienne au Sahel. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 193-206.
- [7].- Tail G., 1998.- Action de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), (Orthoptera-Acrididae) Efficacité entologique de *Pseudomonas fluorescents* (Pseudomonadales) sur quelques aspects physiologiques du criquet pèlerin. Thèse Mag., INA, El Harrach, Alger, 190 p.
- [8].- Barbouche N., Hajjem B., Lognay G. et Ammar M., 2001.- Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* l'herit. (Solanaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (forsk.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5 (2): 85-90.
- [9].- Isman M. B., Machial, C. M., 2006.- Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In M. Rai and M.C. Carpinella (eds.), *Naturally Occurring Bioactive Compounds*, Elsevier, Pp 29-44.
- [10].- Spit J., Badisco L., Verlinden H., Van Wielendaele P., Zels S., Dillen S., Vanden broeck J., 2012.- Peptidergic control of food intake and digestion in insects. *Can. J. Zool.*, vol. 90(4): 489-506.
- [11].- Liu H., Yi M., Shi X., Liang P., Gao X., 2007.- Substrate specificity of brain acetylcholinesterase and its sensitivity to carbamate insecticides in *Carassius auratus*. *Fish physiol. Biochem.* vol. 33(1): 29-34.
- [12].- Zaluski D. et Kufniewski R., 2016.- In Vitro Anti-AChE, Anti-BuChE, and Antioxidant Activity of 12 Extracts of *Eleutherococcus* Species. *Hindawi Publishing corporation*, vol. (11): 1-7.

- [13].- Ellman G.L., Courtney D., Andres V., Feathstone R. M., 1961.- A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology and physiology*. 38: 84-90 p.
- [14].- Ould el hadj M. D., Tankari dan-badjo A., Halouane F., Doumanji S., 2006.- Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera Cyrtacanthacridinae). *Sécheresse*, vol. 17(3): 407-414.
- [15].- Kemassi A., 2014.- Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* (Stapf.) (Euphorbiaceae), *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et de *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 230p.
- [16].- Ndomo A. F., Tapondjou1 A. L., Tendonkeng F., Tchouanguep F. M., 2009.- Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropicultura*, vol. 27(3): 137-143.
- [17].- Merabti B., Lebouz I., Adamou A., Ouakid M. L., 2015.- Effet toxique de l'extrait aqueux des fruits de *Citrullus colocynthis* (L.) schrad sur les larves des *Culicidae*. *Revue des Bio Ressources*, vol 5 N° 2:120-130.
- [18].- Zouaoui A., 2017.- Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux des feuilles de *Laurus nobilis* L. à l'égard de *Culex pipiens*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Département: Biologie Animale. Université des Frères Mentouri. Constantine: 46 p.
- [19].- Aouinty B., Oufara S., Melloukki F., Mahari S., 2006.- Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc.*, 10 (2): 67-71.
- [20].- El-akhal F., Greche H., Ouazzani F. C., Guemmouh R., El ouali lalmi A., 2015.- Composition chimique et activité larvicide sur *Culex pipiens* d'huile essentielle de *Thymus vulgaris* cultivées au Maroc Chemical composition and larvicidal activity of *Culex pipiens* essential oil of *Thymus vulgaris* grown in Morocco . *J. Mater. Sci.* 6 (1): 214-219.
- [21].- Habbachi W., Benhissen S., Ouakid M. L., Farine J.P., Bairi A., 2014.- Toxicity of aqueous extracts from Mediterranean plants on *Culex pipiens* (Mosquitoes). Case of *Daphne gnidium* (Thymelaeaceae) and *Peganum harmala* (Zygophyllaceae). *Wulfenia Journal*, vol 21. No. 12: 244-252.

STUDY THE EFFECT OF SUN AND MICROWAVE DRYING ON QUALITY OF CAMEL MEAT (*Camelus dromedarius*) SLICES

RAHMANI Youcef^{1,2,3} and KHAMA Réda^{2,4}

⁽¹⁾Department of Process Engineering, University of Ouargla, 30000 Ouargla, Algeria

⁽²⁾Fac. Applied Sciences, Lab. Process Engineering, University of Ouargla, 30000 Ouargla, Algeria

⁽³⁾Scientific and Technical Research Centre in Physico-Chemical Analysis, 42004 Bousmail, Algeria

⁽⁴⁾Department of Sciences and Technology, University of Batna 2, 05000 Batna, Algeria

E-mail: rahmani.youcef@univ-ouargla.dz

(Received 11 January 2022- Accepted 22 June 2022)

Abstract.- Drying is still considered to be an efficient and important process used for food preservation. Several drying methods are commonly used, so it would be interesting to compare them. The comparison could focus on the quality of the dried products, which is mainly dependent on changes occurring during processing. In the current contribution, an experimental study of drying camel meat (*Camelus dromedarius*) by two methods, namely direct sun drying and microwave drying, is performed. The investigation is carried out to determine the adequate better drying technique for camel meat from the region of Ouargla, southeast Algeria. Under pre-treatment in a saline solution during 30 minutes of soaking, the samples used are slices 8 mm thick, 100 mm long and 20 mm wide. They are characterized by the initial water content of $73.38 \pm 0.13\%$, the protein content of $19.77 \pm 0.05\%$, an ash content of 1.123 ± 0.009 and a lipid content of $3.72 \pm 0.05\%$. The sun drying experiments are carried out at an average temperature of 21.55°C and average relative humidity of 28.57% . The microwave drying is carried out at a power of 180 and 270 W. At the end of drying, kinetics, rate drying, duration drying, organoleptic properties (color and size) and nutritional values (protein and lipid) are determined in each case. Although drying in the microwave is faster and shorter, the results show that the samples sun dried are better. Indeed, sun drying shows a shrinkage rate of $43.63 \pm 0.37\%$ against $56.75 \pm 0.36\%$ at 180 W and $57.65 \pm 0.32\%$ at 270 W for microwave drying, with total color differences of 20.59 ± 0.48 against 24.63 ± 0.73 at 180 W and 23.10 ± 0.70 at 270 W for microwave drying. Protein content increases significantly after sun drying (49.44 ± 0.21) and microwave drying ($45.30 \pm 0.02\%$ at 180 W and 40.64 ± 0.01 at 270 W). The results also show lipid preservation of 84.13% during sun drying and an increase in ash content in both drying processes from 1.123 ± 0.009 to: (i) 4.235 ± 0.015 at 180 W and 4.266 ± 0.037 at 280 W, in microwave drying; (ii) 3.903 ± 0.07 during sun drying.

Key words: Cameline meat, quality, sun drying, microwave drying, experimentation.

ÉTUDE DE L'EFFET DU SÉCHAGE AU SOLEIL ET PAR MICRO-ONDES SUR LA QUALITÉ DES TRANCHES DE VIANDE CAMELINE (*Camelus dromedarius*)

Résumé.- Le séchage est toujours considéré comme un processus efficace et important utilisé pour la conservation des aliments. Plusieurs méthodes de séchage sont couramment utilisées, il serait donc intéressant de les comparer. La comparaison pourrait porter sur la qualité des produits séchés, qui dépend principalement des changements qui se produisent pendant le traitement. Dans la contribution actuelle, une étude expérimentale du séchage de la viande cameline (*Camelus dromedarius*) par deux méthodes, à savoir le séchage direct au soleil et le séchage par micro-ondes, est effectuée. L'enquête vise à déterminer la meilleure technique de séchage de la viande cameline de la région de Ouargla, au sud-est de l'Algérie. En prétraitement dans une solution saline pendant 30 minutes de trempage, les échantillons utilisés sont des tranches de 8 mm d'épaisseur, 100 mm de long et 20 mm de large. Ils se caractérisent par une teneur initiale en eau de $73.38 \pm 0.13\%$, une teneur en protéines de $19.77 \pm 0.05\%$, une teneur en cendres de 1.123 ± 0.009 et une teneur en lipides de $3.72 \pm 0.05\%$. Les essais de séchage au soleil sont effectués à une température moyenne de 21.55°C et à une humidité relative moyenne de 28.57% . Le séchage par micro-ondes est effectué à une puissance de 180 et 270 W. A la fin du séchage, la cinétique, le taux de

séchage, la durée de séchage, les propriétés organoleptiques (couleur et taille) et les valeurs nutritionnelles (protéines et lipides) sont déterminées dans chaque cas. Bien que le séchage au micro-ondes soit plus rapide et plus court, les résultats montrent que les échantillons séchés au soleil sont meilleurs. En effet, le séchage au soleil montre un taux de retrait de $43.63 \pm 0.37\%$ contre $56.75 \pm 0.36\%$ à 180 W et $57.65 \pm 0.32\%$ à 270 W pour le séchage par micro-ondes, avec des différences de couleur totales de 20.59 ± 0.48 contre 24.63 ± 0.73 à 180 W et 23.10 ± 0.70 à 270 W pour le séchage par micro-ondes. La teneur en protéines augmente considérablement après le séchage au soleil (49.44 ± 0.21) et le séchage par micro-ondes ($45.30 \pm 0.02\%$ à 180 W et 40.64 ± 0.01 à 270 W). Les résultats montrent également une conservation des lipides de 84.13% pendant le séchage au soleil et une augmentation de la teneur en cendres dans les deux processus de séchage de 1.123 ± 0.009 à : (i) 4.235 ± 0.015 à 180 W et 4.266 ± 0.037 à 280 W, pendant le séchage par micro-ondes ; (ii) 3.903 ± 0.07 pendant le séchage au soleil.

Mots clés: Viande cameline, qualité, séchage au soleil, séchage par micro-ondes, expérimentation.

Introduction

Camel meat is an essential source of food in arid countries [1,2], and since its moisture content is high, meat is classified as a highly perishable food with a limited shelf life. For the extension of its shelf life, there are several methods available [3,4]; drying is the oldest food conservation process [5]. However, traditional processes take time and can affect end product quality [6]. Variations in drying conditions and the pre-treatment of samples have an important role and they directly influence the physicochemical and microbiological quality of dried meat [7].

Given the economic potential of this meat in the market, with increasing production of camel meat from 2016 to 2019 (5886 tons to 6514 tons respectively according to the statistics of the Food and Agriculture Organization (FAO) [8] and the increasing consumption of camel meat by the people. Several types of researches have been carried out mainly on the composition of this meat, which is close to beef meat except for the low cholesterol content. Studies show the richness of this meat in macro and micronutrients, with a water content near 78 %, total fat of 3 % and an ash content of 1.2%. Also, the cholesterol content tests carried out by studies on this meat is approximately 575.6 mg/kg, which shows this content lower than that of beef (745 mg/kg) [9], camel meat is also a source of vitamins and minerals, and compared to beef, mutton, and chicken, their content is high [10]. The processing of this meat is more often by the traditional drying technic, can study carried out on the processing of camel meat, especially by the drying technique.

In this study, the effect of two methods (sun and microwave drying) on the physicochemical quality of camel meat slices (*Camelus dromedarius*) having undergone cold salting pre-treatment is investigated experimentally. A rigorous comparison then is elaborated.

1.- Material and methods

1.1.- Samples preparation

Fresh meat of young dromedary (*Camelus dromedarius*) was brought from the local slaughterhouse in Ouargla, Algeria, and transported in a cooler to the laboratory. Samples of the

camelina meat were cut into slices 10 ± 0.1 cm long, 2 ± 0.1 cm wide and 0.8 ± 0.1 cm thick, with average initial mass of the slices equal to 13.51 ± 0.20 g. The slices were then salted and dried using different methods.

1.2.- Samples pre-treatment

The pre-treatment of camelina meat slices is carried out by soaking in a new composition of a saline solution prepared at the laboratory level under the condition of a temperature of 4 degrees Celsius and the concentration of the brine was 19 % of sodium chloride. Camelina slices salted in brine were removed from the brine after 30 minutes of residence time.

1.3.- Drying procedures

1.3.1.- Sun drying

Drying has taken place on racks exposed to direct sunlight at a 30° angle and facing south. The samples were dried in January when the temperature was between 17°C and 25°C during the day and the relative humidity of the air varied from 22% to 37%. The rate of moisture loss was measured periodically on the Ohaus adventurer digital balance with an accuracy of 0.0001 g. Data are the average of the results of three tests carried out simultaneously.

1.3.2.- Microwave drying

The samples of camel meat (*Camelus dromedarius*) were dried in a microwave oven IRIS brand (IR-MO30EL) with internal cavity dimensions of 240 mm (height), 354 mm (width), and 358 mm (length), which is characterized by a nominal voltage of 230 V to 240 V, a frequency of 50 Hz and an input power of 1400 W and 900 W output power, with a microwave frequency of 2450 MHz. The microwave oven was the standard oven that can operate at ten different power levels, namely 180, and 270 W. With a 310 mm diameter glass plate rotating at the base of the oven. The adjustment of the processing time and the working power (180 W and 270 W) is carried out using automatic control. During the drying experiments, each sample was placed on a watch glass. The rate of moisture loss was measured periodically by removing the watch glass and quickly weighing on the Ohaus adventurer digital balance with an accuracy of 0.0001 g. Three tests were performed for each selected power and the provided data is an average of these results.

1.4.- Physicochemical analysis

1.4.1.- Moisture content

The Moisture content (MR) represents the amount of moisture remaining in the slices of camelina meat that is relative to the initial water content of fresh meat [4], calculated using Eq.1 [11,12]:

$$MR = \frac{(M - M_e)}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Where:

M: is the moisture content of meat slices, in kg water/kg dry matter.

M_e : is the equilibrium moisture content of meat slices, in kg water/kg dry matter.

M_0 : is the initial moisture content of meat slices, in kg water/kg dry matter.

1.4.2.- Shrinkage measurement

The loss of moisture from camelina meat samples causes a change in the surface of the slices and even collapsing pore structures, in meat, shrinkage is anisotropic [13], shrinkage of slices of camelina meat is determined by a direct method by measuring the dimensions of the samples with the help of a power fix digital package foot before and after each drying method, and the final rate of shrinkage calculated according to the mathematical equation [4]:

$$\text{Shrinkage (\%)} = \frac{(\text{final surface})}{(\text{initial surface})} \times 100 \quad (2)$$

1.4.3.- Protein content

The protein content of fresh and dried slices of camelina meat was calculated by determining the amount of total nitrogen in the samples using the Kjeldahl method and using a common conversion factor of 6.25 as suggested in the literature [14], three measurement tests were carried out for each sample, then the percentage of protein is calculated according to the following equation [14,11].

$$\text{Protein (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0.014}{w} \times 100 \times f \quad (3)$$

Where:

V_1 : is the volume of 0.1 N hydrochloric acid solution used for the determination, in ml.

V_2 : is the volume of 0.1 N hydrochloric acid solution used for the blank test, in ml.

N: is the normality of hydrochloric acid.

f: is the conversion factor.

w: is the mass of the test sample, in grams.

1.4.4.- Total basic volatile nitrogen (TBV-N) content

Nitrogen content of camelina meat is the quantity of nitrogen corresponding to the ammonia produced and determined under the specified conditions described in standard ISO 0937.

The nitrogen content, expressed as a percentage by mass, shall be equal to Eq.4 [16]:

$$N (\%) = \frac{(V_1 - V_0)}{w} \times 0.14 \quad (4)$$

Where:

V_0 : is the volume of 0.1 N hydrochloric acid solution used for the blank test, in ml .

V_1 : is the volume of 0.1 N hydrochloric acid solution used for the determination, in ml .

w: is the mass of the test sample, in grams.

1.4.5.- Total fat content

The lipid content was determined by the Soxhlet extraction method with the solvent n-hexane after hydrolysis in hydrochloric acid in three tests for each sample, (R 256 S Buhr Extractor, Germany).

1.4.6.- Determination of pH

The pH of camelina meat was measured before and after drying according to ISO method second edition reference number 2917, using ohaus equipment, pH-metro ST3100 [17].

1.4.7.- Color measurement

The color of the camelina meat slices was determined before and after drying on the surface of the samples using a chromameter (CR-13, KONICA MINOLTA, Tokyo, Japan) at three different locations and The color evaluation was based on the determination of Hunter values L^* (white/dark), a^* (red/green) and b^* (yellow/blue), the total value of the color difference (ΔE) of the camelina meat slices was calculated according to the following equation [3,14]:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (5)$$

1.4.8.- Ash content

The ash content of the camelina meat was calculated after calcination in a muffle furnace set at 550°C for 3 hours, and the rate was expressed according to equation 6 [11,15] :

$$\text{Ash (\%)} = \frac{(\text{weight of sample after calcination})}{(\text{Weight of dried simple})} \times 100 \quad (6)$$

1.5.- Statistical analysis

Experimental data are expressed in mean $\pm$ standard deviations. All determinations are made in three copies. A statistical analysis of the results is carried out using the XLS tat 2014 software. An equal mean hypothesis is tested by variance analysis (ANOVA). The means are significantly different from the Newman-Keuls method ($p \leq 0.05$).

2.- Results and discussion

3.1.- Drying kinetics

The drying curve for slices of Camel meat having a pre-treatment in a microwave-dried saline solution (MWD) is shown in figure 1, and the drying curves for sun-dried (SD) (fig. 2.) in order to facilitate the comparison between them. For the microwave, drying curves represents a dissimilar behaviour between the two different powers (170 and 270 W) with a constant drying rate followed by a decreasing rate for the 170 W power and a remark of two different drying rates for the 270 W power, and for the drying curves for the two powers, with two different drying periods. For the solar drying methods, the drying behaviour is similar to a constant drying rate followed by a period of decreasing drying rate.

Figure 1 shows the evaluation of the moisture ration according to the drying time (minute) of the camel meat slices in a microwave at two different powers 270 W and 180 W, the

moisture ration decreases faster in the drying at 270 W in the vicinity of 1080 minutes, and at 180 W the drying time reaches 2000 minutes.

Figure 2 shows the variation of climatic conditions during the sun drying of camel meat, the humidity of the area which is in the vicinity of 20.80% in the morning at the beginning of drying and gradually decreases and arrives at 14.90% at about 13 o'clock, then the increase will begin to reach the 25.3% at 18 o'clock, and the solar radiation (W/m^2) which is 500 (W/m^2) at the beginning of the day and the maximum of 600 (W/m^2) at noon, and the decrease of solar radiation until 17:30, as well as the temperature of the drying area which also has two phases, the first increase from the beginning of the day (20°C) until noon (24.7°C) and decreases at the end of the day, reaches 17 degrees.

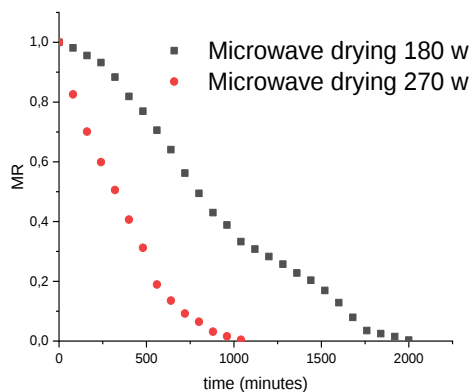


Figure 1.- Evaluation of moisture ration of meat camelina in microwave drying.

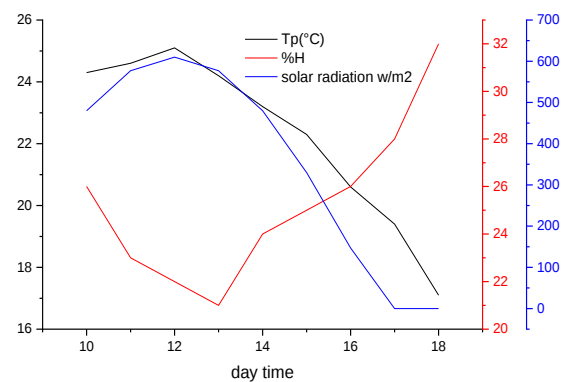


Figure 2.- Representative climatic conditions during sun drying.

Figure 3 represents the kinetics of sun drying of camelina meat slices which tends to be slower than the microwave drying method, the water content of the slices in the initial state before drying will start from 74% and takes a slight decrease during this period of conditioning in the first two hours, a severe decrease in four hours and an increase in drying speed due to the climatic condition followed by a partial spread at the end of the drying.

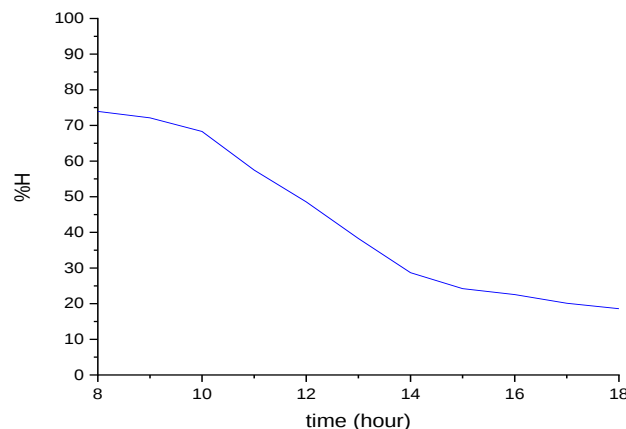


Figure 3.- Evaluation of moisture content of slices camelina meat.

2.2.- Color and protein contents

The color degradation of camelina meat increases slightly with increasing temperatures and drying power as well as the crude protein content of camelina meat slices which are close to previous studies on fresh meat [20] and the values included in the table (tab. I) but not significant ($p < 0.05$) different. in the study done by KISEMBE *et al.* (2017) [21], the protein content was close to $49.68 \pm 1.9\%$, a value close to that found in the present study ($49.44 \pm 0.21\%$) in sun-dried meat.

2.3.- Total basic volatile nitrogen

The total volatile basic nitrogen dosage is intended to determine the degree of alteration of the slices of camelina meat [22]; it is inversely proportional to the level of protection of protein, samples of fresh camelina meat slices, with an initial TVBN of 13.62 ± 0.03 increased during drying time by the different methods used [23], and it is noted that the method with a lower content is microwave drying at the power of 180 W (25.42 ± 0.30).

3.4.- Moisture content and shrinkage

The final moisture content of the slices of camelina meat dried by different methods is different from one method to another and the lowest moisture content corresponds to the drying by microwave method (MD) at 270 W which has lowered the drying rate by 86.06%, and a proportional relationship with the rate of shrinkage for the slices dried with different methods [17].

Table I.- Characteristics of the fresh and dried camelina meat slices

Parameters (%)		Fresh camelina meat	Microwave drying		Sun drying
			180 Watt	270 Watt	
H (%)		73.38 ± 0.13^a	11.42 ± 0.05^a	10.31 ± 0.08^a	18.44 ± 0.06^a
Dry matter		88.58 ± 0.13^a	89.69 ± 0.05^a	86.21 ± 0.08^a	88.58 ± 0.06^a
Ash		1.123 ± 0.009^a	4.235 ± 0.015^a	4.266 ± 0.037^a	3.903 ± 0.07^a
Protein		19.77 ± 0.05^a	45.30 ± 0.02^a	40.64 ± 0.01^a	49.44 ± 0.21^a
TBNV		13.62 ± 0.03^a	25.42 ± 0.30^a	27.33 ± 0.10^a	28.90 ± 0.02^a
Lipid		3.72 ± 0.05^a	1.23 ± 0.02^a	0.81 ± 0.10^a	3.13 ± 0.06^a
Salt		-	3.22 ± 0.07^a	3.30 ± 0.10^a	2.90 ± 0.06^a
Ph		5.96 ± 0.02^a	6.18 ± 0.02^a	6.17 ± 0.01^a	6.13 ± 0.01^a
Color	L*	37.13 ± 2.11^a	20.56 ± 16^a	24.01 ± 1.58	25.78 ± 0.90
	a*	22.03 ± 2.15^a	4.15 ± 0.52^a	3.47 ± 0.40^a	5.97 ± 1.08^a
	b*	7.73 ± 0.47^a	4.41 ± 0.57^a	3.73 ± 0.10^a	1.72 ± 0.40^a
Total color change ΔE		-	24.63 ± 0.73^a	23.10 ± 0.70^a	20.59 ± 0.48^a
Shrinkage		-	56.75 ± 0.36^a	57.65 ± 0.32^a	43.63 ± 0.37^a

3.5.- Salt content and pH measurement

The pH of the slices of dried camelina meat goes from 5.956 ± 0.087 for fresh meat to a lower acidity corresponds to 6.203 ± 0.091 under static drying at a temperature of 65°C . In the

study developed by [24], where the effect of gum Arabic (*Acacia Senegal*) powder coating level and sun drying period on chemical composition and color of dry camel meat was evaluated, the pH obtained was 5.80. The acidity values decrease with increasing salt content expressed in sodium chloride [25] and the salt content obtained is considered to be low and very close to the salt content of viands already treated by the salting method [26].

Conclusion

The study of the drying of camel meat slices dried in the sun and in the microwave shows the differences between the drying kinetics and the nutritional quality value, the new composition of the saline solution based on sodium chloride used in the pre-treatment is effective and preserves the nutritional quality, especially in the sun drying and in the climatic conditions recorded in Ouargla city (south of Algeria) in a way that assures the preservation of the color, protein and lipid, and less total salinity.

Acknowledgments: The authors thank the managers and engineers of the research centre and of the faculty of applied sciences at University of Ouargla. They thank Dr. El Bouti Khamra, veterinary inspector direction of the agricultural department of Ouargla (DSA), for their support in the realization of this work and the experimental facilities.

References

- [1].- Faye B.; Abdelhadi O.; Raiymbek G.; Kadim, I. Hocquette J. F., 2013.- La production de viande de chameau: État des connaissances, situation actuelle et perspectives. *Prod. Anim.*, 26, 289-300.
- [2].- Rahmani Y. and Khama R., 2021.- Effect of thickness and pretreatment on the physicochemical quality of sun-dried camelina meat. In *Proceedings of the Sixth International Seminar on New and Renewable Energies ; Ghardaia*, 62p.
- [3].- Vallespir F.; Rodríguez Ó.; Eim V. S.; Rosselló C.; Simal S., 2018.- Freezing pre-treatments on the intensification of the drying process of vegetables with different structures. *Journal of Food Engineering*, 239: 83-91.
- [4].- Aksoy A.; Karasu S.; Akcicek A.; Kayacan S., 2019.- Effects of different drying methods on drying kinetics, microstructure, color, and the rehydration ratio of minced meat. *Foods* 8(6), 216.
- [5].- Gaukel V., Siebert T. and Erle U., 2017.- Microwave-assisted drying. In *The microwave processing of foods*, Pp 152-178.
- [6].- Bourdoux S., Li D., Rajkovic A., Devlieghere F. and Uyttendaele M. 2016.- Performance of drying technologies to ensure microbial safety of dried fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6): 1056-1066.
- [7].- Zakaria B. and Abdelhakim S., 2020.- Contribution à l'étude de la consommation de la

- viande cameline et mise en evidence d'une typologie des consommateurs dans la region du souf Sahara Septentrional Algerien. *Alger. J. Arid Environ.*, 10, 77- 87.
- [8].- Rahmani Y.; Khama R., 2020.- Analyse physico-chimique de la viande cameline séchée au soleil. *Natl. Conf. Energy Syst. Environ. Plasma Mater*, "ESEPM2020", MESTEL Lab. Univ. Ghardaïa, Alger, 79-80.
- [9].- Hamed Hammad Mohammed H.; Jin G.; Ma M.; Khali I.; Shukat R.; Elkhedir A. E.; Zeng Q. Noman A. E., 2020.- Comparative characterization of proximate nutritional compositions, microbial quality and safety of camel meat in relation to mutton, beef, and chicken. *Lwt* 118, 108714.
- [10].- Baba W. N., Rasool N., Selvamuthukumara M., and Maqsood S., 2021.- A review on nutritional composition, health benefits, and technological interventions for improving consumer acceptability of camel meat: an ethnic food of Middle East. *Journal of Ethnic Foods*, 8(1): 1-13.
- [11].- Chaouch W. B.; Khellaf A.; Mediani A.; Slimani M. E. A.; Loumani A.; Hamid A., 2018.- Experimental investigation of an active direct and indirect solar dryer with sensible heat storage for camel meat drying in Saharan environment. *Sol. Energy*, 174: 328-341.
- [12].- Daş M., Aliç E. and Akpınar E. K., 2021.- Numerical and experimental analysis of heat and mass transfer in the drying process of the solar drying system. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24(1): 236-246.
- [13].- S. Kassama L.; Ngadi M., Shrinkage and 2016.-Density Change of De-Boned Chicken Breast during Deep-Fat Frying. *Food Nutr. Sci.* 07: 895-905.
- [14].- Jain A., Jain R., Jain, S., 2020.- Fat Characterization. In *Basic Techniques in Biochemistry, Microbiology and Molecular Biology*. Springer Protocols Handbooks, Pp 265-272.
- [15].- Hussein H. A., Salman M. N. and Jawad A. M., 2020.- Effect of freezing on chemical composition and nutritional value in meat. *Drug Invention Today*, 13(2), 329-334.
- [16].- Mc Clements D. J., Weiss J., Kinchla A. J., Nolden A. A. and Grossmann L., 2021.- Methods for Testing the Quality Attributes of Plant-Based Foods: Meat-and Processed-Meat Analogs. *Foods*, 10(2), 260.
- [17].- Teixeira, A., Silva, S., Guedes, C., & Rodrigues, S. 2020.- Sheep and Goat Meat Processed Products Quality: A Review. *Foods*, 9(7), 960.
- [18]. - Faustman C. and Suman S. P., 2017.- The eating quality of meat: I—Color. In *Lawrie's meat science*, Pp 329-356.
- [19].- Eleonora O, Bahytikul A. M. R., 2017.- Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Vet. World*, 10(6): 623-629.

- [20].- Suliman G. M., Alowaimer A. N., Hussein E. O., Ali H. S., Abdelnour S. A., El-Hack M. E. A. and Swelum A. A., 2019.- Chemical composition and quality characteristics of meat in three one-humped camel (*Camelus dromedarius*) breeds as affected by muscle type and post-mortem storage period. *Animals*, 9(10), 834.
- [21].- Kisembe S.W, Muliro P.S., Matofari J.W. and B.O. Bebe, 2017.- An evaluation of nutritional quality of traditionally processed camel meat (Nyirinyiri): Value chain assessment and recommendations. *Int. J. Nutr. Food Sci.*, 6(4): 172-174.
- [22].- Lee H.; Kim M. S.; Lee W. H.; Cho B. K, 2018.- Determination of the total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in pork meat using hyperspectral fluorescence imaging. *Sensors Actuators, B Chem.* 259: 532-539.
- [23].- Yang Q.; Sun D. W.; Cheng W., 2017.- Development of simplified models for nondestructive hyperspectral imaging monitoring of TVB-N contents in cured meat during drying process. *J. Food Eng.*, 192: 53-60.
- [24].- Ibrahim G.A. and Nour I. A., 2010.- Physical and chemical properties of camel meat burgers. *J. Camelid Sci.*, 3: 39-43.
- [25].- Puolanne E.; Peltonen J., 2013.- The effects of high salt and low pH on the water-holding of meat. *Meat Sci.* 93: 167-170.
- [26].- Delgado-Pando G.; Fischer E.; Allen P.; Kerry J. P.; O'Sullivan M. G.; Hamill R. M., 2018.- Salt content and minimum acceptable levels in whole-muscle cured meat products. *Meat Sci.* 139: 179-186.

APPORT DES OUTILS GEOSPATIALES A L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE LA FORET D'AÏT BOUZID (HAUT ATLAS CENTRAL, MAROC)

HILI Aïman^{1*}, JAA Farid¹, REDDAD Hanane¹ et BOUSSENA Ayoub²

⁽¹⁾Laboratoire: Dynamiques des Paysages, Risques et Patrimoine,
Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Sultan Moulay Slimane, Beni Mellal, Maroc

⁽²⁾Faculté des Lettres et des Sciences Humaines d'El Mohammadia,
Université Hassan II, Casablanca, Maroc

E-mail: ayman.hili.1984@gmail.com

(Received 02 February 2022- Accepted 13 June 2022)

Résumé. - Le présent travail expose les résultats de l'étude de la dynamique spatio-temporelle de la forêt d'Aït Bouzid entre 1984 et 2019 (35 ans), en se basant sur les outils de la télédétection et l'outil SIG. En effet, la zone de l'étude s'étend sur une superficie de 12.060 ha, sa situation dans le Haut Atlas central (près du lac Bine El Ouidane) lui confère plusieurs conditions favorables à une dynamique très bien remarquable. Afin d'étudier cette dynamique, il est fait appel à l'utilisation des images du satellite Landsat (1984 et 2001) et Oli (2019), pour étudier l'évolution et la spatialisation de la forêt d'Aït Bouzid pour une période de 35 ans. L'analyse de la base de données de la carte de la dynamique de la forêt entre 1984 et 2019, montre que les terrains nus couvrent 32.7% de la zone d'étude, ainsi, cette classe a été développée sur les zones qui ont été dégradées de la forêt avec 25% (donc une progression de 14.7%). Malgré la présence de nouvelles zones de progression et de croissance de la forêt avec 16.6%, la forêt a enregistré un recul de sa surface de 14.7% (entre 1984, 2001 et 2019). Cette évolution est justifiée par la combinaison de plusieurs facteurs à la fois topographiques (les pentes, les altitudes et l'exposition des versants), climatiques, géologiques et voire anthropiques. Les résultats de traitement et la précision de la classification ont été vérifiés et validés par les vérifications du terrain.

Mots-clés: Etude diachronique, dynamique spatio-temporelle, forêt d'Aït Bouzid, Haut Atlas central, Maroc

CONTRIBUTION OF GEOSPATIAL TOOLS IN THE STUDY OF THE SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF THE FOREST OF AÏT BOUZID (CENTRAL HIGH ATLAS, MOROCCO).

Abstract. - The present work presents the results of the study of the spatio-temporal dynamics of the Aït Bouzid forest between 1984 and 2019 (35 years), based on remote sensing and GIS tools. In fact, our study area covers an area of 12'060 ha, its location in the central High Atlas (near Lake Bine El Ouidane) gives it several favorable conditions for a very remarkable dynamic. In order to study these dynamics, we used Landsat (1984 and 2001) and Oli (2019) satellite images to study the evolution and spatialization of the Aït Bouzid forest for a period of 35 years. Analysis of the database of the forest dynamics map between 1984 and 2019, shows that bare land covers 32.7% of the study area, so this class was developed on the areas that have been degraded of the forest with 25% (thus a progression of 14.7%). On the other hand, despite the presence of new areas of growth and expansion in the forest with 16.6%, there has been a 14.7% decline in forest area (between 1984, 2001 and 2019). This evolution is justified by a combination of several factors: topographical (slopes, altitudes and exposure of slopes), climatic, geological and even anthropogenic. The treatment results and the accuracy of the classification have been verified and validated by field checks.

Key words: Diachronic study, spatio-temporal dynamics, forest of Aït Bouzid, Central High Atlas, Morocco.

Introduction

Au niveau international, les études de la dynamique du couvert végétal sont devenues très intéressantes [1-6]. De même, au niveau national, ce type d'études en utilisant les outils SIG et la télédétection sont devenues de plus en plus très importantes [1,2,4,7-10]. En effet, les forêts méditerranéennes, en général, constituent un milieu naturel très fragile [11-13] et profondément perturbé par de multiples facteurs naturels [5,6] et utilisations humaines [14, 10].

Comme dans l'ensemble du Maroc, les milieux naturels du Haut Atlas en général, et de Haut Atlas central en particulier, ont été exploités et s'exploitent jusqu'à maintenant à diverses pressions, qui les appauvrissent progressivement et portent atteinte à la biodiversité [15, 16]. Toutes les pressions anthropiques (le bâti, le défrichement, ...) sur les milieux naturels, causes des régressions et des dégradations bien visibles de la biodiversité [14,16], donc tout cela devrait être étudié et suivi par la télédétection et l'outil SIG, dont vient le présent travail.

Afin d'étudier la dégradation et d'identifier les processus naturels et anthropiques responsables à l'évolution du couvert végétal, il est mené une étude diachronique de cette zone (trois images de dates différentes 1984, 2001 et 2019), en s'appuyant sur les outils SIG (notamment de la télédétection et l'ArcGIS). Ce travail est une étude de l'évolution spatio-temporelle de la forêt d'Aït Bouzid durant les derniers 35 ans, en identifiant le rôle et l'impact de chaque facteur à l'évolution de la forêt d'Aït Bouzid.

1.- Zone d'étude

Située dans le Haut Atlas central, près du lac Bine El Ouidane, la forêt d'Aït Bouzid joue un rôle stratégique et important dans cette région touristique [18]. Elle couvre une superficie de 12'060 ha. Administrativement, elle fait partie de la région Béni Mellal-Khénifra, et elle côtoie au Sud le lac de Bine El Ouidane, au Nord la commune de Timoulit, à l'Est par la commune de Ouaouizaght et à l'Ouest par la commune d'Afourar. Elle est caractérisée par des altitudes comprises entre 673 m au Nord près de la commune de Timoulit, et culmine à plus de 1702 m au sommet de Jbel (Jbel = montagne) Tazerkount (fig. 1).

Concernant le climat, l'étude climatique menée dans ce travail et l'analyse des précipitations annuelles de la station étudiée pour la période 1990-2018, ont montré que la variation des précipitations interannuelles dans la station étudiée est caractérisée par une variabilité temporelle, avec une claire progression pour quelques années. Au niveau de cette chronique, la moyenne interannuelle de la station de Bine El Ouidane enregistrée est de 503.1 mm. Ainsi, les valeurs les plus élevées sont enregistrées en 2006 avec 623.5 mm, et en 2012 avec 640 mm. En revanche, les valeurs des précipitations annuelles les plus basses sont enregistrées en 2000 avec 329.2 mm et 260.4 mm en 2015.

Quant à la topographie, la cartographie et l'analyse de la base de données des classes de pentes, montre que le terrain d'étude est caractérisé par une topographie très accidentée, où la classe la plus dominante est la classe de pente forte à très forte avec 52.8%. Les pentes faibles et moyennes couvrent respectivement 38.8% et 8.4%. L'analyse de la carte des tranches d'altitude a permis de constater que les altitudes dominantes, sont les tranches qui varient

entre 1200 m et 1500 m avec 53.9% de la superficie de la zone d'étude. Cette classe s'étend au Nord et au Nord-Ouest de l'Oued d'Aqqa N'Taghia, et sur les bas de versants du Jbel Tazerkount. Les altitudes basses s'étendent notamment sur les contours Nord du terrain d'étude.

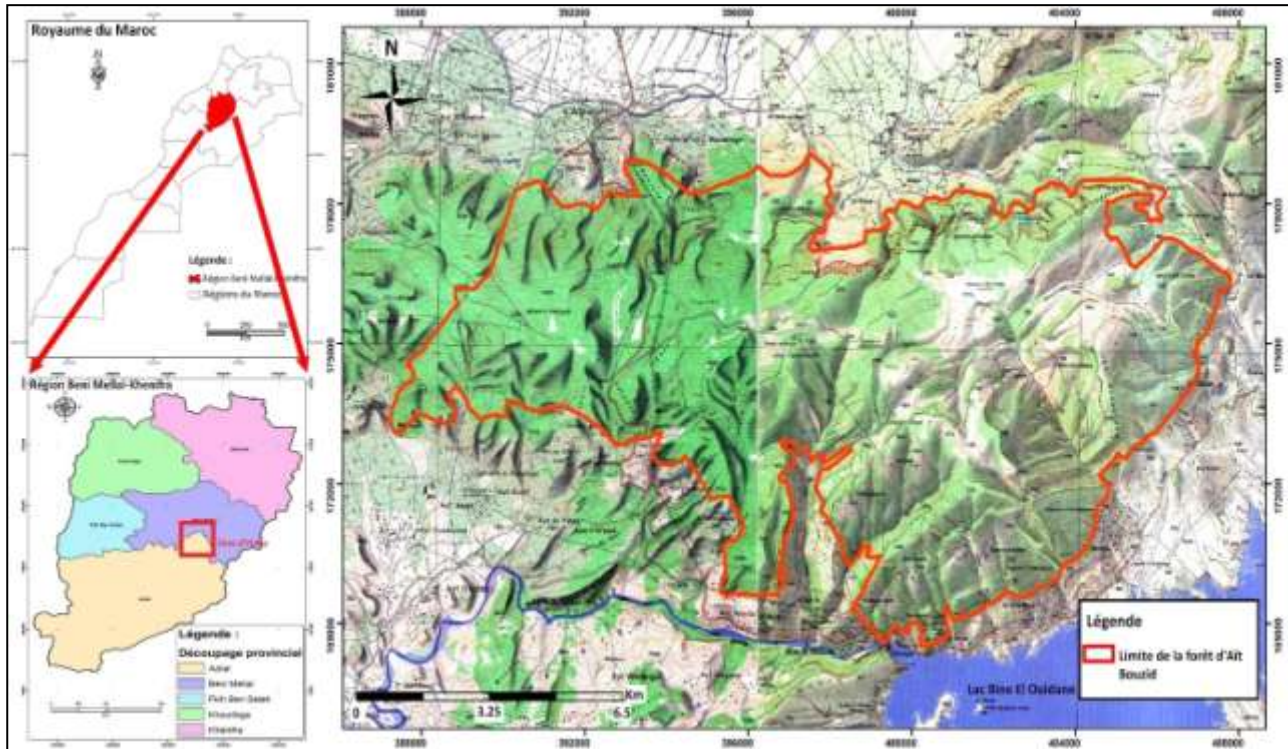


Figure 1.- Situation géographique de la zone d'étude (forêt d'Aït Bouzid).

Pour l'exposition des versants, la zone de l'étude enregistre la dominance des versants exposés vers l'Est avec 15.5%, les versants exposés vers le Sud-Est avec 13.6%. Les versants exposés vers l'Ouest couvrent 18.6%, et les versants exposés vers Sud-Ouest représentent 21.3%. Par ailleurs, les autres expositions ne couvrent que des surfaces qui ne dépassent pas 8%. Lors des visites du terrain, nous avons observé que le couvert végétal sur les versants exposés vers l'Est, le Sud et le Sud-Est (zones de dégradation), s'étend vers les hautes altitudes en cherchant l'humidité. Par contre, sur les versants exposés vers le Nord, le Nord-Ouest et l'Ouest (zones de croissance et de progression), le couvert végétal descend vers les basses altitudes riches en matière organique et en humidité.

Lithologiquement, la forêt d'Aït Bouzid fait partie du Haut Atlas central, est caractérisé par la dominance des formations carbonatées (qui appartiennent à l'ère secondaire et plus précisément au Jurassique [19,20] notamment les calcaires et les dolomies du Lias inférieur et moyen qui couvrent une grande partie de la zone avec 47.3%, ainsi il est trouvé des marnes et des marno-calcaires avec 25.2%. Ces formations se situent au Nord, au Sud et au Sud-Ouest du la zone d'étude. Entre les deux parties, se remarque la présence de quelques alluvions du quaternaire.

Cette situation, dans le Haut Atlas central a offert à la zone de l'étude autant de caractéristiques naturelles et anthropiques favorables pour un tel développement du couvert végétal.

2.- Matériel et méthodes

Pour la démarche optée, est basée sur l'utilisation des données de la télédétection pour une étude multidade de l'évolution et de la spatialisation de la forêt d'Aït Bouzid pour une période de 35 ans (1984, 2001 et 2019). Ainsi, il est analysé les facteurs responsables de la dynamique du couvert végétal (pente, altitudes, exposition des pentes, lithologie, ...). Dans ce sens, l'utilisation de la télédétection a facilité la distinction des zones de recul (dégradation) et de croissance (développement) du couvert végétal dans la zone (tab. I).

Tableau 1.- Dates des images utilisées.

Images	Dates
Landsat 5 (TM)	18 Août 1984
Landsat 5 (ETM)	28 Juillet 2001
Landsat 8 (Oli)	20 Juin 2019

Nombreuses sont les méthodes utilisées dans les études de classification de la dynamique du couvert végétal: NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), GEMI (Global Environment Monitoring Index), STAVI (Tranformed Soil Adjusted Vegetation Index); MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index), ... [21,22,14]. Par contre, la méthode que nous avons opté pour ce travail est "Normalised Difference Vegetation Index" (NDVI), et pour laquelle il est avez utilisé une double classification supervisée: la première a été faite sur le logiciel ENVI en utilisant l'outil "Region of Interest", la seconde a été faite sur le logiciel ArcGis en utilisant l'outil "Maximum Likelihood Classification". Cette double utilisation a pour but d'assurer et de tester la bonne classification et aussi pour valider les résultats. Pour garantir la réussite de cette classification, il est effectué des corrections radiométriques et le traitement des histogrammes nécessaires sur le logiciel ENVI afin d'isoler quelques valeurs numériques pour assurer un seuillage et une visualisation des images corrects. Sur les deux logiciels, il est utilisé la classification supervisée, basée sur la signature spectrale de la végétation, où il est considéré deux classes: le sol nu et le couvert végétal. Cette classification est justifiée par l'absence de grands districts (villages) et agglomérations (juste la présence de quelques maisons dispersées) ou par les cultures de la population.

Pour déterminer le rôle des interventions humaines dans la dégradation du couvert végétal, il est réalisé un questionnaire sur 100 personnes sur différents acteurs locaux dont la population locale (90), les élus (02), les associations (05), et trois responsables de la Direction des Eaux et Forêts.

3.- Résultats et discussion

L'analyse des images choisies a permis de dégager plusieurs constats concernant l'évolution et la dynamique de la forêt d'Aït Bouzid. Concernant le traitement de l'image Landsat 1984, il est constaté que la zone d'étude est caractérisée par une extension très importante de la forêt avec 57% de la zone de l'étude. Par ailleurs, les terrains nus couvrent

une surface de 43%. Cette répartition couvre notamment la partie Est de la zone et les contours Nord (fig. 2).

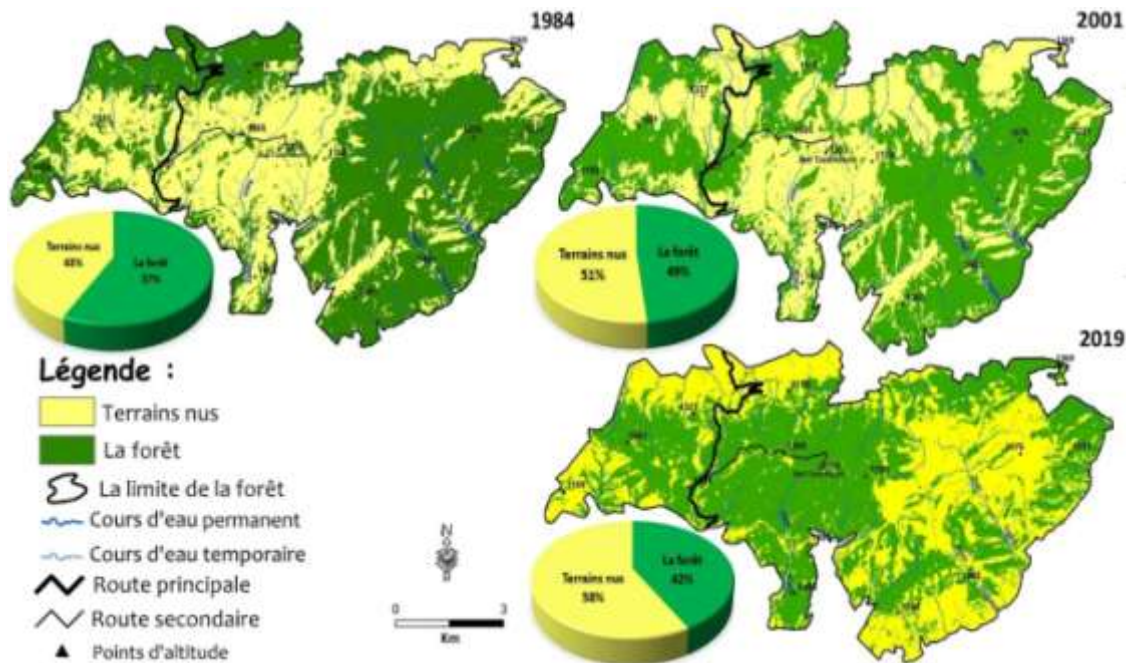


Figure 2.- Classification NDVI des images Landsat 1984, 2001 et Oli 2019.

Pour l'année 2001, le traitement de l'image montre un recul du couvert végétal à la faveur des terrains nus entre 1984 et 2001, de l'ordre de 8.4%, où le couvert végétal a couvert en 2001 une surface de 48.6% et les terrains nus 51.4%.

Quant au traitement de l'image Oli (2019), la figure 2 montre une spatialisation totalement différente à celle de 1984, avec un déplacement du couvert végétal vers de nouvelles zones. Ainsi, nous remarquons une dégradation importante de ce dernier avec un pourcentage de 14.7%, où la forêt a connu un recul de la surface de l'ordre de 57% à 42.3%. Par contre, la surface des terrains nus a été augmentée de 43 à 57.7% (fig. 2).

Après le classement et la classification des images, il est fait le croisement et la superposition des cartes pour faire sortir la carte de la dynamique spatio-temporelle de la zone d'étude, dont les classes obtenues sont: les terrains nus, la forêt, les zones de recul et les zones de progression du couvert végétal (fig. 3).

Réellement, le croisement des résultats de traitement montre une spatialisation des zones de recul concentrée au centre (notamment à l'Est de Jbel Tazerkont) et au Nord de la zone d'étude. En revanche, le reste de la zone a enregistré une stabilité du couvert végétal (au centre) et des terrains nus (à l'ouest, à l'est et au sud-ouest), et une légère progression du la forêt sur les versants de Jbel Tazerkont et au Nord-est de la zone.

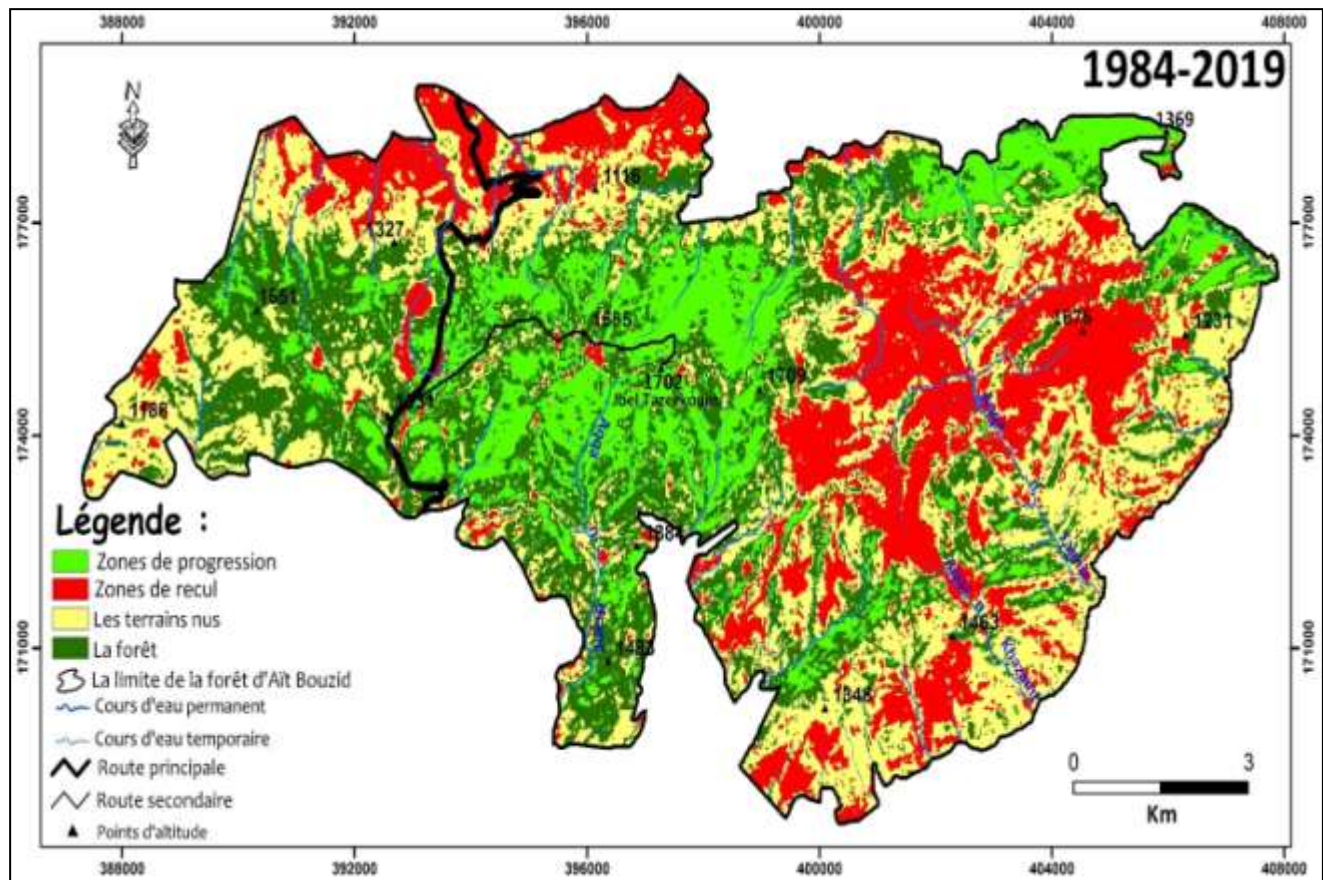


Figure 3.- Evolution de la forêt d'Aït Bouzid entre 1984, 2001 et 2019

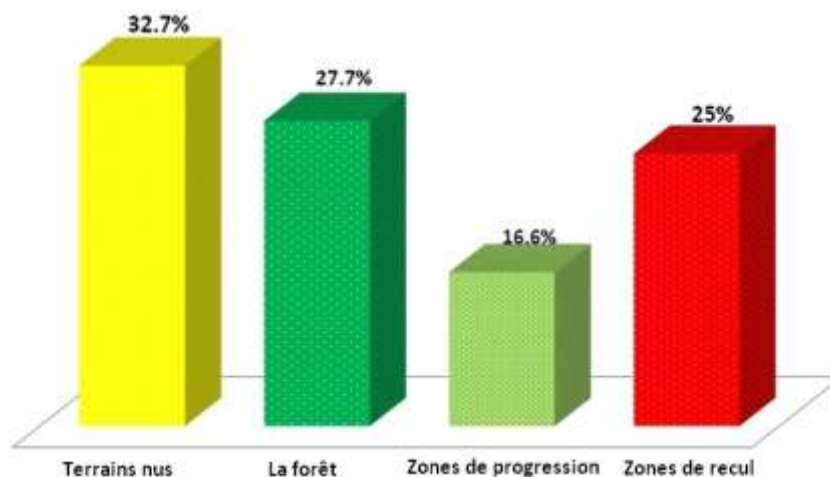


Figure 4.- Evolution des classes de la forêt d'Aït Bouzid entre 1984, 2001 et 2019

L'analyse de la base de données de cette carte, montre que les terrains nus couvrent 32.7% de la zone d'étude. Cette classe s'est développée sur les zones qui ont été dégradées avec 25% (une progression de la forêt de 14.7%). Malgré la présence des nouvelles zones de progression de 16.6%, la forêt a enregistré une diminution dans sa surface globale de 14.7% (entre 1984 et 2019). Cette évolution est justifiée par combinaison de plusieurs facteurs à la fois topographiques (les pentes, les altitudes et l'exposition des versants), climatiques,

géologiques et voire anthropiques.

La validation des résultats de traitement et la précision de la classification, ont été vérifiées et validées par i) les vérifications du terrain (les dizaines de sorties de terrain), qui ont montré une distribution très proche du couvert végétal à la classification des logiciels, notamment pour les zones de progression et de recul. La précision et les résultats de traitement ont été vérifiées par ii) la comparaison des résultats des deux classifications (tab. II).

Tableau II.- Comparaison des résultats de la classification NDVI

Type	NDVI (Maximum Likelihood Classification) [*]		NDVI (Region of Interest)	
	Terrains nus (%)	Forêt (%)	Terrains nus (%)	Forêt (%)
1984	43.4 (soit 5468.4 ha)	56.6 (soit 7131.6 ha)	43.8 (soit 5518.8 ha)	56.2 (soit 7081.2 ha)
2001	51.2 (soit 6451.2 ha)	48.8 (soit 6148.8 ha)	52.1 (soit 6564.6 ha)	47.9 (soit 6035.4 ha)
2019	58.4 (soit 7358.4 ha)	41.6 (soit 5241.6 ha)	58.6 (soit 7383.6 ha)	41.4 (soit 5216.4 ha)

Pour identifier le rôle des différents facteurs influençant la dynamique du couvert végétal, il est superposé les cartes des facteurs étudiés auparavant (les pentes, les tranches d'altitude, l'exposition des versants, le climat, le couvert végétal, et la lithologie), pour ressortir la carte de degré de risque de dégradation de la zone d'étude. La figure 5 renseigne sur le degré de risque, dont il est proposé 5 classes: degré de risque très faibles, risque faible, risque moyen, risque élevé et degré de risque très élevé. Après l'élaboration de la figure 5, elle a été superposée sur la carte de la dynamique de la forêt 1984-2019, pour montrer la relation et la coïncidence des classes de la dynamique avec les classes des zones à risque.

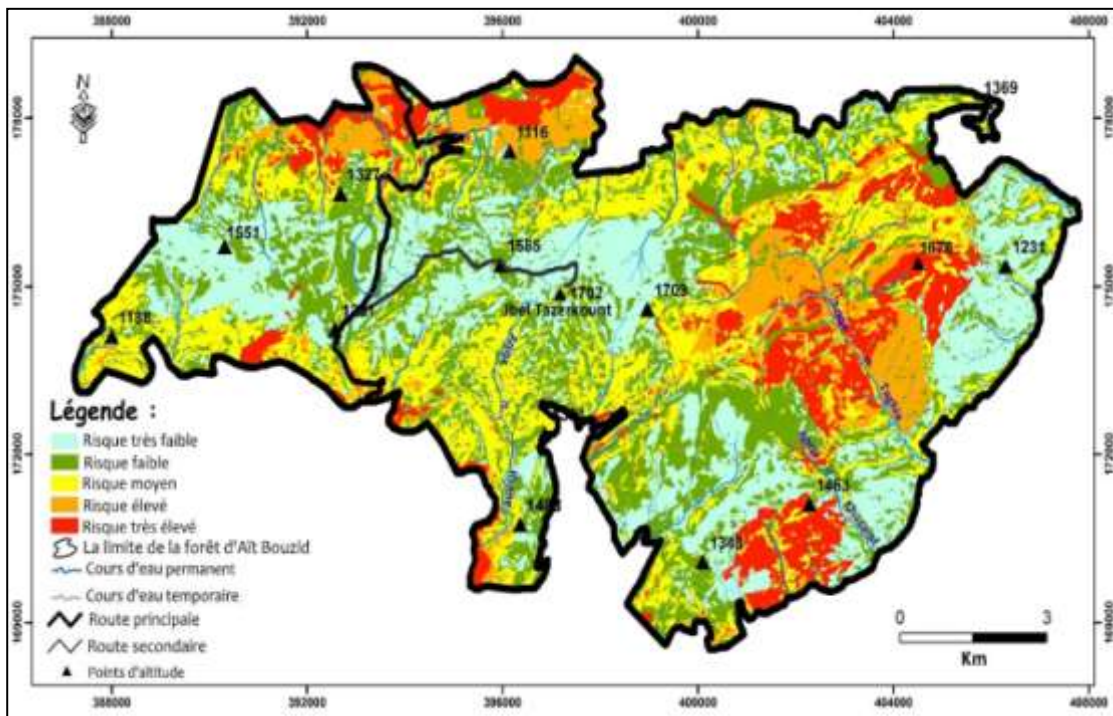


Figure 5.- Degré de risque de dégradation de la forêt d'Aït Bouzid

D'après le traitement de la base de données de la figure 6, il est constaté que les versants du terrain d'étude sont touchés par une instabilité importante, dont le risque moyen à très fort couvre 62.2% de la surface de zone. Par ailleurs, le degré de dégradation faible à très faible s'étend sur 37.8%.

A la lumière de ces données, la figure 6 montre une grande coïncidence entre les nouvelles zones de progression et le degré de risque faible et très faible, notamment sur les versants du Jbel Tazerkount. De même, il est remarqué la coïncidence entre les zones de dégradation de la forêt avec les zones de degré de risque élevé et très élevé notamment au Nord de la zone d'étude et à l'Est de Jbel Tazerkount (au centre de la zone d'étude).

Normalement, cette coïncidence de dégradation est justifiée par la concordance des pentes fortes à très fortes avec les altitudes élevées, la lithologie dure et les versants ensoleillés exposés vers l'Est, le Sud, l'Ouest, et le Sud-Ouest pauvres en matière organique et de faible humidité.

Quant aux zones de croissance et de progression, elles sont témoignées par la coïncidence des terrains où les pentes sont moyennes à très faibles avec la lithologie marneuse, et les versants longs, ombrés et riches en humidité et en matière organique (exposés vers l'Ouest, le Nord-Ouest, ...). Pour ces raisons il est remarqué la progression du couvert végétal sur les versants de Jbel Tazerkount et à l'extrémité Nord-Est de la zone (fig. 6). Il faut signaler que cette extension du couvert végétal est justifiée par plusieurs projets de reboisement dans le cadre de la stratégie nationale de la protection de la richesse et de la diversité biologique par la création des lois relatives aux aires protégées et parcs nationaux.

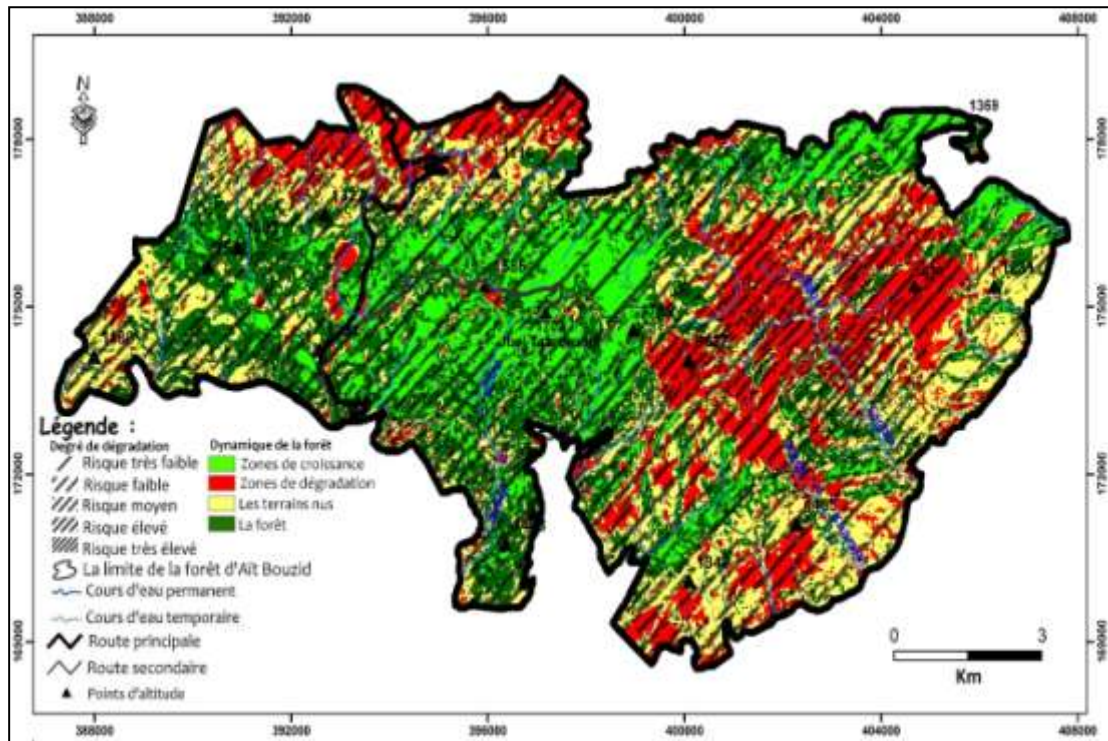


Figure 6.- Coïncidence de risque de dégradation avec l'évolution de la forêt d'Aït Bouzid entre 1984 et 2019

En effet, la spatialisation de la dynamique de la forêt avec les risques de dégradation est justifiée par plusieurs facteurs. En plus des facteurs pré-étudiés, les interventions humaines ne sont pas négligeables, lors des sorties sur terrain, il est enregistré que les outils de dégradations de la forêt sont très variés, outre les facteurs naturels et vu les surfaces agricoles à utiliser très limitées l'Homme a pratiqué depuis longtemps le défrichement [15] de la forêt (60% de la population interviewée), et l'utilisation du bois pour le charbonnage (photo 1), notamment le chêne vert qui est considéré comme un bois très excellent pour le charbonnage (120 à 180 Kg/st, [18]; il l'a exploité, aussi, pour les besoins quotidiens (29%, pour le chauffage (photo 2), et la construction des maisons (photo 3).



Photo 1.- Trou de charbonnage du bois
(Hili A., 2020)



Photo 2.- Bois coupé pour le chauffage
(Boussena A., 2018)



Photo 3.- Bois utilisé pour la construction des maisons.
(Hili A., 2021)

Il est observé directement que la plupart de la population (55% de la population interviewée) préfère le pâturage dans la forêt, par contre, 23% de la population préfère le déplacement vers les pâtures. Ce choix est très important, surtout, lorsque le nombre de bétail est élevé (plus de 110 têtes, photo 4) et comporte un nombre important de chèvres, qui peuvent atteindre les sommets des arbres et mangent notamment les nouveaux bourgeons des branches (photo 5).



Photo 4.- Le bétail se déplace pour le pâturage dans la forêt
(Boussena A., 2018)



Photo 5.- Chèvre sur un chêne vert.
(Hili A., 2017)

Conclusion

L'étude de la dynamique du couvert végétal de la forêt d'Aït Bouzid (dans le Haut Atlas central) et les études déjà réalisées ont montré que le couvert végétal est influencé par plusieurs facteurs (naturels et humains). Par ailleurs, la réalisation de ce type d'étude en se basant sur l'outil télédétection et SIG a ajouté un apport, car il permet de mieux analyser, interroger, superposer et spatialiser les zones touchées par la dégradation et la progression du couvert végétal, comme il a permis et faciliter tous ce qui concerne notamment le calcul des surfaces et des pourcentages.

En effet, il faut dire que la classification choisie a permis de mettre en exergue les différents changements spatio-temporels du couvert végétal entre 1984 et 2019. L'analyse des cartes de la dynamique de la forêt durant cette période a montré que les terrains nus couvrent 32.7% de la zone d'étude, ainsi, cette classe a été développée sur les zones qui ont été dégradées de la forêt avec 25% (donc une progression de 14.7%). En revanche, malgré la présence des nouvelles zones de progression et de croissance de la forêt avec 16.6%, la forêt a enregistré un recul de sa surface de 14.7% (entre 1984 et 2019). Cette dynamique est justifiée essentiellement par l'influence des facteurs notamment topographiques (les pentes, les altitudes et l'exposition des versants), climatiques, géologiques et anthropiques.

Références.

- [1].- Raogo N. G., 2018.- Dynamique du couvert végétal et implications socio-environnementales à la périphérie du parc W/Burkina Faso. VertigO.- la revue électronique en sciences de l'environnement, vol. 18 N° 1 mai 2018, mis en ligne le 25 mai 2018, consulté le 10 février 2021. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/20249>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.20249>.
- [2].- Diop A., Hyacinthe S, Cheikh D., Elysée N., Honoré D., et Bienvenu S., 2018.- Dynamique d'occupation du sol des zones humides urbanisées de Dakar (Sénégal) de 1942 à 2014. VertigO.- la revue électronique en sciences de l'environnement, vol. 18, URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/20120>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.20120>.
- [3].- Soro G., Ahoussi E.K., Kouadio E.K., Soro T.D., Oulare S., Saley M.B., Soro N., et Biemi J., 2014.- Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). Afrique Science, 10(3): 146-160.
- [4].- Sawtschuk J., et Bioret F., 2012.- Analyse diachronique de la dynamique spatiale de la végétation de l'estuaire de la Loire. Journal of Applied Remote Sensing, vol. 3: 15-28.
- [5].- Brou T., 2010.- Variabilité climatique, déforestation et dynamique agrodémographique en Côte d'Ivoire. Sécheresse, vol. 21 (1e): 1-6
- [6].- Mahamane A., Mahamane S., Yacoubou B., Issaka A., Ichaou A., et Saley K., 2007.- Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans

la commune de Gabi (région de Maradi, Niger). *Sécheresse*, vol. 18 (4): 296-304.

- [7].- Bissour R., El Khalki Y., et Hili A., 2018.- Apport de la télédétection spatiale à l'étude diachronique de la dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Oued El Abid, (Haut Atlas central, Maroc). Actes du colloque International des utilisateurs du SIG, Oujda, Pp 257-262.
- [8].- Bachaoui B., Bachaoui E. M., Maimouni S., Lhissou R., El Harti A., et El Ghmari A., 2014.- The use of spectral and geomorphometric data for water erosion mapping in El Ksiba region in the central High Atlas Mountains of Morocco. *Appl Geomat* 6(3):159–169.
- [9].- Daoui K., et Fatemi, ZEA. 2014.- Agroforestry systems in Morocco: the case of olive tree and annual crops association in Saïs region. In: Behnassi M et al (eds) *Science, policy and politics of modern agricultural system*. Springer, New York, Pp 281–290.
- [10].- El Garouani A., Chen H., Lewis L., Tribak A., et Abahrour M., 2008.- Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG Idrisi au Nord-Est du Maroc. *Revue Télédétection*, vol. 8, N° 3: 193-201.
- [11].- Benabid A., 1985.- Les écosystèmes forestiers préforestiers et presteppiques du Maroc diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt Méditerranéenne*, Tome VI, n° 1: 53-64.
- [12].- Lecompte M., 1986.- Biogéographie de la montagne marocaine: le Moyen Atlas central. *Mémoires et documents de Géographie*. Edit. CNRS, 202 p.
- [13].- Michel C., et Ruelan A., 1967.- L'agriculture et les forêts au Maroc. *Les cahiers de la recherche agronomique*, vol. 24: 103-140.
- [14].- Bouiadjra S., El Zerey W., et Benabdeli K., 2011.- Étude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale: cas des monts du Tessala (Algérie occidentale). *Varia*, vol. 5: 211-225.
- [15].- Hountondji Y. C., Ozer P., et Nicolas J., 2004.- Mise en évidence des zones touchées par la désertification par télédétection à basse résolution au Niger. *Cybergeog: European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, vol. 291: 1-18.
- [16].- Tricart J., 1954.- Influence des sols salés sur la déflation éolienne en basse Mauritanie et dans le delta du Sénégal. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, vol. 5: 124-13.
- [17].- Jeffrey A., Mcneel Y., et Schroth G., 2006.- Agroforestry and biodiversity conservation-traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity and Conservation*, vol. 15: 549-554. DOI 10.1007/s10531-005-2087-3.
- [18].- Direction régionale des Eaux et forêts, Beni Mellal, 2010.- Etude d'aménagement de la forêt d'Aït Bouzid, Rapport de synthèse, 115 p.

- [19].- Bouchaou L., 1988.- Hydrogéologie des bassins des sources karstiques du complexe calcaire Haut-Atlasien du Dir d Beni Mellal (Maroc). Thèse de doctorat, l'U.F.R. de Sciences et Techniques de Université Besançon, 227 p.
- [20].- Perritaz L., 1995.- Contribution à l'étude géomorphologique et hydrogéologique d'un Karst perché en domaine méditerranéen: le plateau des Aït Abdi: Haut Atlas central calcaire, Maroc. Thèse doctorat, Université Fribourg, 178 p.
- [21].- Qi J., Chehbouni A., Huete A.R., Kerr Y.H., et Sorooshian S., 1994.- A Modified Soil Adjusted Vegetation Index. *Remote Sensing of Environment*, vol. 48: 119-126.
- [22].- Rondeaux, G., Steven, M., et Baret, F., 1996.- Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices. *Remote Sens. Environ.*, vol. 55: 95-107.

EFFET HEPATO-PROTECTEUR D'EXTRAITS BRUTS DE POLYSACCHARIDES DE FEUILLES D'*Oudneya africana* R. Br. (BRASSICACEAE) SUR L'INFLAMMATION AIGUË INDUITE PAR L'ACETATE DE PLOMB CHEZ DES RATS *Wistar albino*

MEHELLOU Zineb^{1,3*}, YOUNBAI Asma^{1,3}, BOUAL Zakaria¹, GARDARIN Christine², PIERRE Guillaume², DELATTRE Cédric^{2,4}, MICHAUD Philippe², OULD EL HADJ Med Didi¹

⁽¹⁾Université de Ouargla, Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides, 30000 Ouargla, Algérie

⁽²⁾Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

⁽³⁾Université d'El Oued, 39000 El-Oued, Algérie

⁽⁴⁾Institut Universitaire de France (IUF), 1 rue Descartes 75005 Paris, France

*E-mail: zinebmehellou@gmail.com

(Received 23 April 2022 - Accepted 17 June 2022)

Résumé. - Le présent travail est porté sur l'étude des polysaccharides issus des feuilles d'*Oudneya africana* R. Br. (Brassicaceae), une plante spontanée à caractère médicinal récoltée dans la région du M'Rara wilaya de El Oued (Sahara septentrional Est algérien). L'extraction des polysaccharides hydrosolubles (PHOA) a donné un rendement massique de 7.24%. La détermination de la composition de PHOA obtenu, par des dosages colorimétriques, indique des taux de 50.63±0.07% en oses totaux, de 47.95±0.002% en oses neutres et de 21.20±0.001% en protéines. L'analyse de la composition en monosaccharide par chromatographie échangeuse d'anions couplée à un détecteur ampérométrique pulsé (HPAEC-PAD) a constaté la présence de L-arabinose (11.4%), de D-galactose (13.3%), de D-glucose (19.7%), de D-mannose (46%), d'acide D-galacturonique (8.3%), et d'acide D-glucuronique (1%). L'étude de l'activité hépatoprotectrice de l'extrait est réalisée in vivo sur des rats mâles et femelles de souche Wistar albino par une intoxication orale à l'acétate de plomb. A une concentration de 100mg/kg, la fraction PHOA note une activité antioxydante par suppression significative de l'augmentation des taux de malonodialdéhyde (MDA) et de la diminution des taux de glutathion réduit (GSH) dans les tissus hépatique et rénal observées à la suite d'une exposition au plomb. L'analyse histopathologique des foies indique que PHOA a un effet hépatoprotecteur chez les rattees femelles tandis qu'ils notent une diminution de l'intensité de l'hépatotoxicité chez les mâles, ce qui les rend comme agent potentiel pour la prévention des atteintes hépatiques.

MOTS CLES: Polysaccharides hydrosolubles, *Oudneya africana* R. Br., effet hépatoprotecteur, acétate de plomb, Wistar albino.

HEPATOPROTECTIVE EFFECT OF CRUDE LEAF POLYSACCHARIDE EXTRACTS OF *Oudneya africana* R. Br. (BRASSICACEAE) ON ACUTE INFLAMMATION INDUCED BY LEAD ACETATE IN *Wistar albino* RATS

Abstract. - This work focuses on the study of polysaccharides from the leaves of *Oudneya africana* R. Br. (Brassicaceae), a spontaneous plant with a medicinal character harvested in the region of M'Rara wilaya of El Oued (northern Algerian Sahara). The extraction of water-soluble polysaccharides (PHOA) gave a mass yield of 7.24%. The determination of the composition of PHOA obtained, by colorimetric assays, indicates levels of 50.63±0.07% in total sugars, 47.95±0.002% in neutral sugars and 21.20±0.001% in proteins. Analysis of the monosaccharide composition by high performance anion exchange chromatography coupled with a pulsed amperometric detector (HPAEC-PAD) found the presence of L-arabinose (11.4%), D-galactose (13.3%), D-glucose (19.7%), D-mannose (46%), D-galacturonic acid (8.3%), and D-glucuronic acid (1%). The study of the hepatoprotective activity of the extract is carried out in vivo on male and female rats of the Wistar albino strain by oral poisoning with lead acetate. At a concentration of 100mg/kg, the PHOA fraction shows antioxidant activity by significant

suppression of the increase in malondialdehyde (MDA) levels and the decrease in reduced glutathione (GSH) levels in liver and kidney tissues observed after exposure to lead. Histopathological analysis of the livers indicates that PHOA has a hepatoprotective effect in female rats while they note a decrease in the intensity of hepatotoxicity in males, which makes them a potential agent for the prevention of liver damage.

Key words: Water-soluble polysaccharides, *Oudneya africana* R. Br., hepatoprotective effect, lead acetate, *Wistar albino*.

Introduction

Le plomb est un polluant environnemental extrêmement nocif qui pose des problèmes de santé publique mondiale croissante. Il est absorbé principalement par le système respiratoire et digestif, mais il peut également être absorbé par la peau [1]. L'empoisonnement dû au plomb se produit par ingestion d'aliments, d'eau contaminées ou par ingestion accidentelle de sol contaminé, de poussière ou de peinture à base de plomb. La concentration non nocive du plomb dans le sang n'a pas de valeur seuil déterminée [2]. Il s'agit d'une substance toxique cumulative qui affecte plusieurs systèmes de l'organisme, notamment les systèmes neurologique, hématologique, gastro-intestinal, cardiovasculaire et rénal. L'exposition au plomb a causé 1.06 millions de décès en 2017 et plus de 24.4 millions de l'espérance de vie corrigée de l'incapacité [3]. En plus, il est pensé qu'une plombémie élevée, a causé un retard mental de plus de 0.6 million d'enfants dans le monde chaque année, et est récemment attribuée à environ 18% de la mortalité de toutes causes confondues aux États-Unis [4].

Cependant, de nombreuses études indiquent que les polysaccharides sont des composés naturels potentiels pour le traitement des lésions hépatiques [5]. QU *et al.* (2020) [6] ont signalé 66 types de polysaccharides provenant de 58 espèces végétales ayant montré un effet hépato-protecteur à travers le processus pathologique d'inflammation, d'apoptose et de stress oxydatif.

Oudneya africana R. Br. (Brassicaceae) est une plante halophyte commune au Sahara de l'Algérie, de la Tunisie et du Maroc qui se développe sur sols gypseux et rocheux du désert [7]; [8]. Les populations autochtones de ces localités l'utilisent pour traiter les maladies de la peau et les piqûres de scorpion [9]. Les feuilles et les graines de la plante en décoction ou en poudre, servent également pour le traitement de problèmes digestifs, de l'arthrite, de rhumes, de la grippe, de la fièvre [10] et du diabète [11].

Face à ce constat, le présent travail recherche à caractériser, puis à évaluer chez des rats *Wistar albino* le potentiel hépato-protecteur d'extraits bruts de polysaccharides hydrosolubles de feuilles d'*O. africana*, d'intoxication induite par l'acétate du plomb.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel et réactifs

Les feuilles d'*O. africana* sont récoltées en décembre 2019 dans la localité de M'Rara (5°41'29.92'' E, 33°28'36.62'' N) de la Wilaya d'El Oued (Algérie). L'échantillon est référencé dans l'herbier du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides. Les animaux pour l'expérimentation, sont ramenés de l'animalerie du

Département de l'Institut Pasteur (Algérie), à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université d'El Oued (Algérie). L'acétate de plomb $Pb(C_2H_3O_2)_2$ et tous les autres produits chimiques utilisés pour la présente étude sont obtenus auprès de Sigma-Aldrich Corporation (St. Louis, Missouri, États-Unis).

1.2.- Extraction des polysaccharides

La poudre sèche des feuilles d'*O. africana* (62 g) est prétraitée par l'acétone à température ambiante pendant 3 heures [12] pour éliminer les composés de faible poids moléculaire, en particulier les polyphénols, les lipides et les pigments. Par la suite, le broyat est macéré dans l'eau distillée à 80°C pendant 3 heures avec un ratio 1:10 (p/v) [13] et la macération est répétée pour une deuxième fois [14]. Après une centrifugation à 3500 rpm pendant 10 min [15], les surnageants sont récupérés, mélangés et concentrés sous pression réduite par un rota-vapeur. Une précipitation par 4 volumes d'éthanol (95%) est effectuée [16] à 4°C pendant une nuit. Le précipité est re-dissous dans de l'eau distillée et re-précipité deux fois avec de l'éthanol pour éliminer la plupart des sels et d'autres composés solubles dans l'éthanol [17]. Après centrifugation, les culots obtenus sont lavés et déshydratés avec l'acétone puis séchés à une température ambiante [18]. Une poudre blanche et sèche est obtenue. C'est l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles nommé PHOA.

Le rendement de l'extraction des polysaccharides bruts est calculé selon JIA *et al.* (2020) [19] par la formule suivante:

$$\text{Rendement d'extraction} = \frac{\text{poids sec de PHOA (g)}}{\text{poids sec de la matière végétale initiale (g)}} \times 100$$

1.3.- Analyses colorimétriques

Un dessalage de l'extrait PHOA est réalisé en cellule amicon de 3kDa [20] pour passer à la quantification de la composition biochimique. Le dosage des oses totaux est effectué par la méthode au phénol-acide sulfurique [21] en utilisant le D-glucose comme standard. La teneur en oses neutres est déterminée par la méthode au résorcinol-acide sulfurique [22] en utilisant comme standard le D-glucose. La teneur en protéines est estimée par la méthode de LOWRY *et al.* (1951) [23] en utilisant le sérum albumine bovine comme standard.

1.4.- Analyse des monosaccharides constitutifs par HPAEC-PAD

L'analyse par chromatographie échangeuse d'anion à haute performance couplée à une détection ampérométrique pulsée est réalisée selon HENTATI *et al.* (2018) [24] avec quelques modifications. L'hydrolyse préalable est effectuée par l'acide trifluoroacétique (TFA) de 2 M, à 120°C pendant 90 min. L'hydrolysate est dissout dans de l'eau Milli-Q puis filtrés sur 0,22 µm avant injection. L'analyse des monosaccharides est réalisée en utilisant une pré-colonne CarboPac PA1 (Dionex 4 x 50 mm) et une colonne CarboPac PA1 (Dionex 4 x 250 mm). Pour l'analyse des oses neutres, l'élution des échantillons est en mode isocratique par une solution de NaOH décarbonatée à 16 mM pendant 20 min à un débit de 0,5 ml/min. Les oses acides sont élués par un gradient binaire à 0,5 ml/min, avec une solution d'hydroxyde de sodium à 100 mM et une solution d'acétate de sodium ($C_2H_3NaO_2$) de 1 M dans la première solution (NaOH 100 mM). L'étalonnage est effectué

avec des solutions de L-rhamnose, L-arabinose, D-glucose, D-xylose, D-mannose, D-galactose, acide D-glucuronique et acide D-galacturonique. Les injections (échantillon PHOA et standards) sont réalisées en triplicata et l'acquisition des données et leur traitement sont réalisés par le logiciel Chromeleon (version 6.8).

1.5.- Protocole expérimental *in vivo*

Le présent travail est réalisé sur des rats mâles et femelles de souche *W. albino*, avec un poids corporel entre 150-200g [25]. L'eau et une alimentation standard, composée d'amidon (32.6%), de saccharose (32.6%), de protéines (16.8%), de cellulose (4%), de minéraux (4%), de vitamines (2%) et d'huile (8%) [26], sont mises à volonté (*ad libitum*) pendant la durée de l'expérimentation [27]. Les rats sont maintenus à un cycle photopériodique de 12h/12h, à une température ambiante de $22 \pm 3^\circ\text{C}$ et à une humidité relative entre 50- 60% [28] pendant deux semaines d'adaptation.

Le protocole expérimental est réalisé selon DEROUCHE *et al.* (2018) [29] avec quelques modifications. Après une période d'adaptation, un total de trente [30] rats sont répartis en trois lots expérimentaux, dont un lot témoin A (10 rats), un lot contrôle positif B (10 rats) et un lot test C (10 rats). Chaque lot est constitué de rats mâles (5 mâles) et de ratte (5 femelles). Le lot témoin reçoit de l'eau et une alimentation standard. Le lot contrôle positif en plus d'une alimentation standard, il est ajouté à l'eau de boisson de l'acétate de plomb à raison de 100mg/kg de poids corporel par individu, durant trois jours. Pour les rats du lot test, les individus sont prétraités par l'extrait polysaccharidique PHOA solubilisé dans l'eau de boisson à 100mg/kg de poids corporel pendant 15 jours, puis sont intoxiqués par l'acétate de plomb à raison de 100mg/kg de poids corporel par individu, durant trois jours. A la fin de l'expérience et après 16 heures de jeûne, les individus subissent une anesthésie à l'aide du chloroforme (94%) par asphyxie puis sont sacrifiés par décapitation.

1.6.- Analyse hématologique

Le prélèvement sanguin s'effectue juste avant de sacrifier les rats. Les sangs sont transférés dans des tubes contenant l'anticoagulant Acide Éthylène Diamine Tétracétique (EDTA) et utilisés pour l'analyse hématologique préalablement étiquetés. Les paramètres analysés sont la formule de la numération sanguine (FNS) réalisée à l'aide d'un analyseur de cellules sanguines automatisé [30], le nombre total de globules blancs (GB), de lymphocytes (LYM), de granulocytes (GRN), de globules rouges (GR) et de plaquettes (PLT), en plus des taux d'hémoglobine (HB) et d'hématocrite (HTC).

1.7.- Analyse des paramètres du stress oxydant

1.7.1.- Préparation de tissu

Il est utilisé un gramme (1) de foie, et un gramme de rein de rats des différents lots étudiés. Après broyage et homogénéisation des tissus dans la solution tampon Tris-Buffered Saline (TBS) (Tris 50 mM, NaCl 150 mM, pH 7.4), une centrifugation de la suspension cellulaire est effectuée à 3000 rpm pendant 10 min. Le surnageant obtenu est aliquoté dans des tubes eppendorfs et conservés à -20°C pour les dosages des paramètres du stress oxydant [31].

1.7.2.- Dosage de peroxydation lipidique

Le niveau de peroxydation lipidique est évalué en mesurant le malondialdéhyde (MDA) avec le test TBARS (Thio-Barbituric Acid Reactive Species) selon la méthode de YAGI (1976) [32]. Il est basé sur la condensation de MDA en milieu acide et à chaud avec deux molécules d'acide thiobarbiturique (TBA). L'absorbance du complexe chromogène produit est mesuré par spectrophotométrie d'absorption à 532 nm. La concentration de TBARS est déterminée en utilisant le coefficient d'extinction moléculaire du MDA ($\epsilon = 1,53 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Les résultats sont exprimés en $\mu\text{mol/mg}$ de tissu.

1.7.3.- Dosage de glutathion réduit

Le dosage du glutathion réduit est réalisé selon la méthode de WECKBECKER et CORY (1988) [33]. Il repose sur la mesure de l'absorbance optique de l'acide 2-nitro-5-mercaptopurique qui résulte de la réduction de l'acide 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque (réactif d'Ellman, DTNB) par les groupements (-SH) du glutathion. Une déprotéinisation de l'homogénat est effectuée par l'acide salicylique afin de garder uniquement les groupements thiol spécifiques du glutathion. L'absorbance est lue à 412 nm et la concentration du GSH est exprimée en nmoles/mg de tissu.

1.8.- Analyse histopathologique du foie

Après dissection, une partie de foie de chaque individu des différents lots, est prélevée et conservée immédiatement dans une solution de formaldéhyde à 10% pendant 48h suivi d'une déshydratation avec des niveaux croissants d'alcool [27]. Les échantillons de tissus sont inclus dans du paraffine et des sections de 5 μm sont coupées à l'aide d'un microtome rotatif. Les échantillons sont ensuite colorés avec de l'hématoxyline et de l'éosine pour un examen microscopique [30].

1.9.- Analyses statistiques

L'exploitation des résultats il est fait appel au logiciel XLSTAT [34] (Version 2016.02.28451, Addinosoft, Paris, France), le test d'ANOVA suivi de Tukey (HSD) effectué pour indiquer les différences statistiquement significatives à $P \leq 0.05$ [35]. Le coefficient de corrélation de Pearson est également calculé [36] pour noter les relations entre les nombres des cellules sanguines et les taux des paramètres du stress oxydant des différents lots étudiés.

2.- Résultats et discussion

2.1.- Rendement et caractérisation partielle de PHOA

L'extraction des polysaccharides hydrosolubles des feuilles séchées d'*O. africana* a permis d'obtenir la fraction brute PHOA avec un rendement de 7.24% par rapport à la matière sèche. Après dessalage, l'extrait polysaccharidique note un taux de 56% de sels. Les dosages colorimétriques indiquent que les oses totaux sont les composants majeurs de l'extrait polysaccharidique dessalé avec une teneur de $50.63 \pm 0.07\%$ (tab. I).

Tableau I.- Composition biochimique de PHOA

	Osés totaux	Osés neutres	Protéines
Quantité (%)	50.63 ± 0.07	47.95 ± 0.002	21.20 ± 0.001

L'analyse des temps de rétention et des aires des pics observés sur le chromatogramme de la fraction isolée indique une composition hétéro-osidique de 25.96 mg/g d'échantillon (fig. 1).

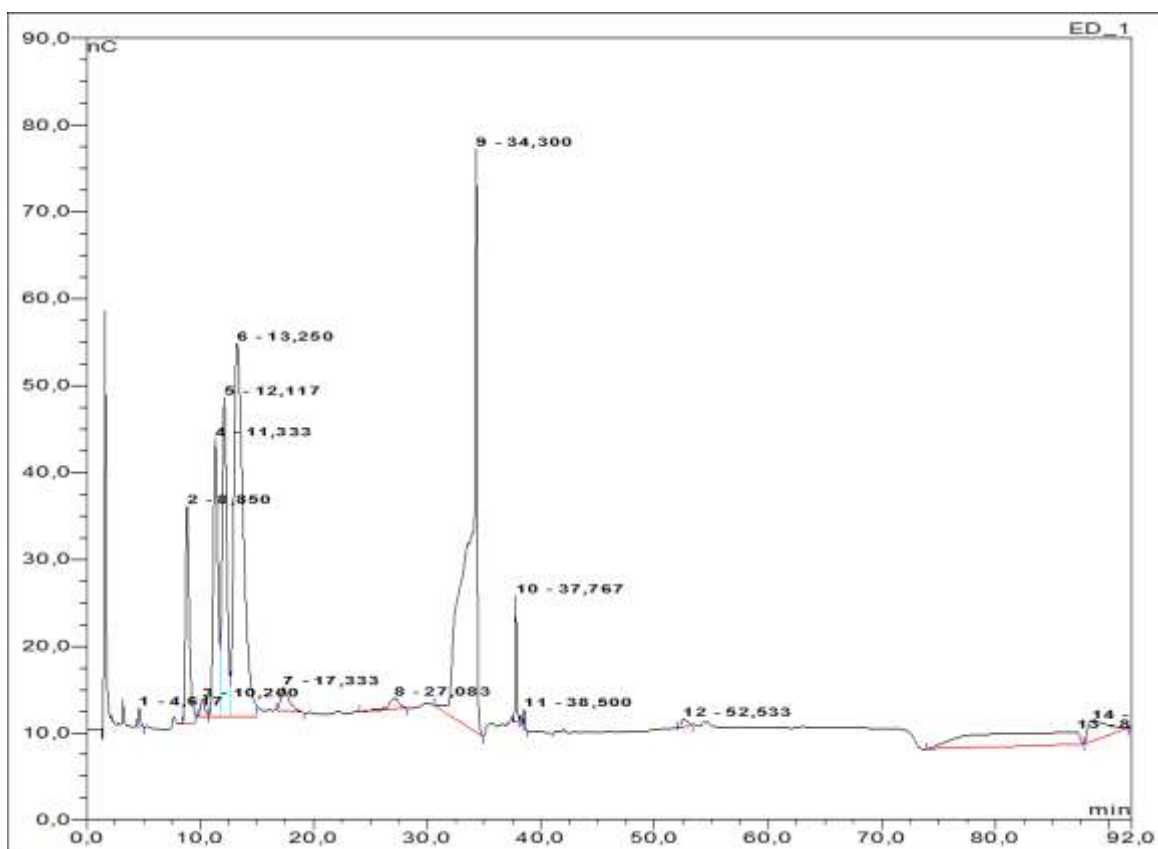


Figure 1.- Chromatogramme de PHOA par HPAEC-PAD

Au vu des résultats du tableau II, les unités monosaccharidiques constatées, sont le L-arabinose (11.4%), le D-galactose (13.3%), le D-glucose (19.7%), le D-mannose (46%), l'acide D-galacturonique (8.3%), et l'acide D-glucuronique (1%), dont le D-mannose est le monosaccharide majeur. Au vu des ratios notés, la fraction PHOA semble être un hétéropolysaccharide hémicellulosique de type galactoglucomananne.

Tableau II.- Temps de rétention, aires des pics et quantités des unités monosaccharidiques constitutifs de PHOA

Oses	Ara	Gal	Glc	Man	Gal A	Glc A
Temps de rétention (min)	11.33	12.11	13.25	34.30	37.76	38.50
Aires des pics	9.99	14.76	17.84	41.22	2.46	0.36
Quantité (%)	11.4	13.3	19.7	46	8.3	1

Après une revue de la littérature de plusieurs études réalisées sur les polysaccharides de quelques espèces de la famille des Brassicaceae, il est remarqué que *Lepidium meyenii* est l'espèce la plus étudiée [15,37-41]. WANG *et al.* (2018) [42] et GUO *et al.* (2020) [14] signalent des rendements des extraits polysaccharides issus de racines de *L. meyenii* de 6.32% et de 7%. CAICAI *et al.* (2017) [43] rapportent un rendement de 4.6% pour des polysaccharides isolés des feuilles de *L. meyenii*. Ces rendements sont inférieurs à

celle obtenu dans la présente étude soit 7.24%. Toutefois, des rendements supérieurs en polysaccharides sont notés pour des racines de *Brassica rapa*, soit 21.48% [44]. Le rendement de polysaccharides est influencé par le temps d'extraction, le rapport liquide/solide et la température d'extraction [45]. Par ailleurs, le taux élevé en sels dans l'extrait PHOA obtenu peut être expliqué par le caractère halophile de la plante.

Les polysaccharides de *L. meyenii* sont de type hétéropolysaccharide, généralement constitué d'arabinose, de glucose, de galactose et de mannose avec différents ratios molaires des composants monomériques [52]. Dans la fraction isolée PHOA, le mannose (46%) est le monosaccharide majeur. SUN *et al.* (2018) [37] notent également le mannose comme monomère majeur pour 3 polysaccharides isolés de 3 phénotypes de *L. meyenii*. Les différentes compositions de monosaccharides sont peut-être dues aux différences entre les matières premières, les méthodes d'extraction, d'hydrolyse et de détection [52].

2.2.- Activités biologiques *in vivo* de PHOA

2.2.1.- Effet sur les paramètres hématologiques

L'intoxication par l'acétate de plomb a modifié les paramètres hématologiques testés. Il est remarqué une augmentation très significative du nombre total des globules blanc (GB) et de lymphocytes (LYM) avec respectivement $11.760 \pm 0.263 \times 10^9/l$ et $7.310 \pm 0.436 \times 10^9/l$ chez les rats mâles, $6.975 \pm 0.899 \times 10^9/l$ et $2.425 \pm 0.386 \times 10^9/l$ chez les femelles. Les modifications observées chez les autres paramètres, à savoir les nombres de granulocytes, de globules rouges et de plaquettes, en plus des taux d'hémoglobine et d'hématocrite, ne présentent aucune signification de différence avec le lot témoin ($p > 0.05$) (tab. III).

La fraction PHOA a un effet préventif contre l'augmentation du nombre de GB et de LYM chez les femelles tandis qu'elle les diminue chez les mâles. Des diminutions, majoritairement significatives, sont remarquées pour le nombre total des globules rouges (GR) et les taux d'hémoglobine (HB), d'hématocrite (HT) et de plaquettes (PLT) chez les rats mâles et femelles prétraité par PHOA. Un niveau de signification à $P \leq 0.01$ est observé pour une diminution du nombre total des GR, par rapport au lot témoin et au lot contrôle, avec $8.208 \pm 0.157 \times 10^{12}/l$ et $7.105 \pm 0.287 \times 10^{12}/l$ chez les rats mâles et femelles respectivement (tab. III).

GADE *et al.* (2021) [53] signalent que les mâles chez les rongeurs présentent des niveaux internes de Pb plus élevés que les femelles, même dans des études expérimentales où ils sont dosés avec des quantités égales en Pb. De plus, même lorsque les femelles reçoivent des doses plus élevées de Pb pour obtenir une charge interne de Pb similaire à celle des mâles, elles peuvent rester non affectées tandis que les mâles présentent des déficits comportementaux aux mêmes doses, confirmant que les mâles ont une sensibilité accrue aux concentrations de Pb qui n'est pas le résultat de leur exposition interne accrue au Pb. Pour BEHL *et al.* [54], les facteurs dépendants du sexe jouent un rôle crucial dans la progression et la susceptibilité à diverses maladies. La présence d'androgènes chez l'homme et d'œstrogènes chez la femme modifie de nombreuses caractéristiques du système immunitaire. Les femelles ont tendance à présenter des réponses immunitaires plus élevées en raison d'un nombre plus élevé de cellules T CD4⁺ et d'immunoglobulines (Ig) circulantes. Toutefois pour AUSTAD et FISCHER (2016) [55], les femelles semblent

avoir un léger avantage de survie dans plusieurs génotypes de rats dans diverses conditions.

Tableau III.- Effets de PHOA sur les paramètres hématologiques testés chez les rats *Wistar albino*

Paramètres	Témoin (A)		Contrôle positif (B)		Test au PHOA (C)	
	Mâles (A _m)	Femelles (A _f)	Mâles (B _m)	Femelles (B _f)	Mâles (C _m)	Femelles (C _f)
Globules blancs ($\times 10^9/l$)	8.175 ± 0.750	4.925 ± 0.754	11.760 $\pm 0.263^{(a***)}$	6.975 $\pm 0.899^{(a**)}$	6.250 $\pm 1.312^{(a*, b**)}$	5.850 $\pm 0.208^{(a:NS, b:NS)}$
Lymphocytes ($\times 10^9/l$)	5.217 ± 0.320	1.125 ± 0.561	7.310 $\pm 0.436^{(a***)}$	2.425 $\pm 0.386^{(a**)}$	3.800 $\pm 0.730^{(a*, b***)}$	2.000 $\pm 0.182^{(a*, b:NS)}$
Granulocytes ($\times 10^9/l$)	2.148 ± 0.383	1.900 ± 0.496	2.773 $\pm 0.129^{(a:NS)}$	2.175 $\pm 0.250^{(a:NS)}$	2.025 $\pm 0.499^{(a:NS, b:NS)}$	1.175 $\pm 0.309^{(a:NS, b*)}$
Globules rouges ($\times 10^{12}/l$)	9.568 ± 0.181	7.765 ± 0.240	10.995 $\pm 0.746^{(a:NS)}$	7.813 $\pm 0.093^{(a:NS)}$	8.208 $\pm 0.157^{(a**, b**)}$	7.105 $\pm 0.287^{(a**, b**)}$
Hémoglobine (g/dl)	16.35 ± 0.88	14.45 ± 0.33	15.4 $\pm 0.40^{(a:NS)}$	14.82 $\pm 0.22^{(a:NS)}$	14.6 $\pm 0.29^{(a**, b:NS)}$	13.82 $\pm 0.35^{(a*, b**)}$
Hématocrite (%)	44.2 ± 2.23	39.8 ± 0.95	41.65 $\pm 1.50^{(a:NS)}$	40.45 $\pm 1.06^{(a:NS)}$	37.775 $\pm 0.79^{(a**, b*)}$	39.7 $\pm 0.55^{(a:NS, b:NS)}$
Plaquettes ($\times 10^9/l$)	928.500 ± 65.891	713.750 ± 17.346	1065.500 $\pm 112.435^{(a:NS)}$	709.000 $\pm 54.030^{(a:NS)}$	547.000 $\pm 32.197^{(a**, b***)}$	630.250 $\pm 27.572^{(a*, b*)}$

Les niveaux de différences sont considérés comme non significatif (NS), significatifs (*), très significatifs (**) et très hautement significatifs (***) par rapport au lot témoin (A) et au lot contrôle positif (B)

Le plomb dans le corps est distribué au cerveau, au foie, aux reins et aux os. Il est stocké dans les dents et les os, où il s'accumule avec le temps [3]. Ainsi, les troubles sanguins ont une incidence élevée sur la toxicité du plomb [2]. IBRAHIM *et al.* (2012) [56] signalent une augmentation de manière significative du nombre des globules blancs (5.99 ± 0.30 à $6.00 \pm 0.41 \times 10^3$ pour $1/40$ DL₅₀) et une diminution du nombre des globules rouges (6.18 ± 0.40 à $5.02 \pm 0.30 \times 10^{12}$ pour $1/40$ DL₅₀) et du taux d'hémoglobine (15.00 ± 1.01 à 12.17 ± 0.67 g/dl pour $1/40$ DL₅₀) chez les rats mâles de souche *Rattus norvegicus* intoxiqués par voie orale à l'acétate de plomb. Environ 33% du plomb absorbé dans les tissus mous s'accumule dans le foie, les reins et le cerveau. L'augmentation du nombre total de globules blancs et l'expression des lymphocytes, corrélée avec la concentration de plomb dans le sang et l'urine, a détérioré les fonctions hépatiques et rénales [1].

2.2.2.- Effets sur les paramètres du stress oxydant

Le prétraitement par PHOA a empêché de manière significative l'augmentation des niveaux de MDA hépatique et rénal chez les deux sexes (fig. 3a,b). De même, il est remarqué que la fraction PHOA empêche significativement la diminution du niveau de GSH rénal chez les rattes femelles (fig. 4a,b), tandis qu'elle ne présente pas de différences

significatives pour les niveaux de GSH hépatiques pour les deux sexes et le taux de GSH rénal chez les rats mâles.

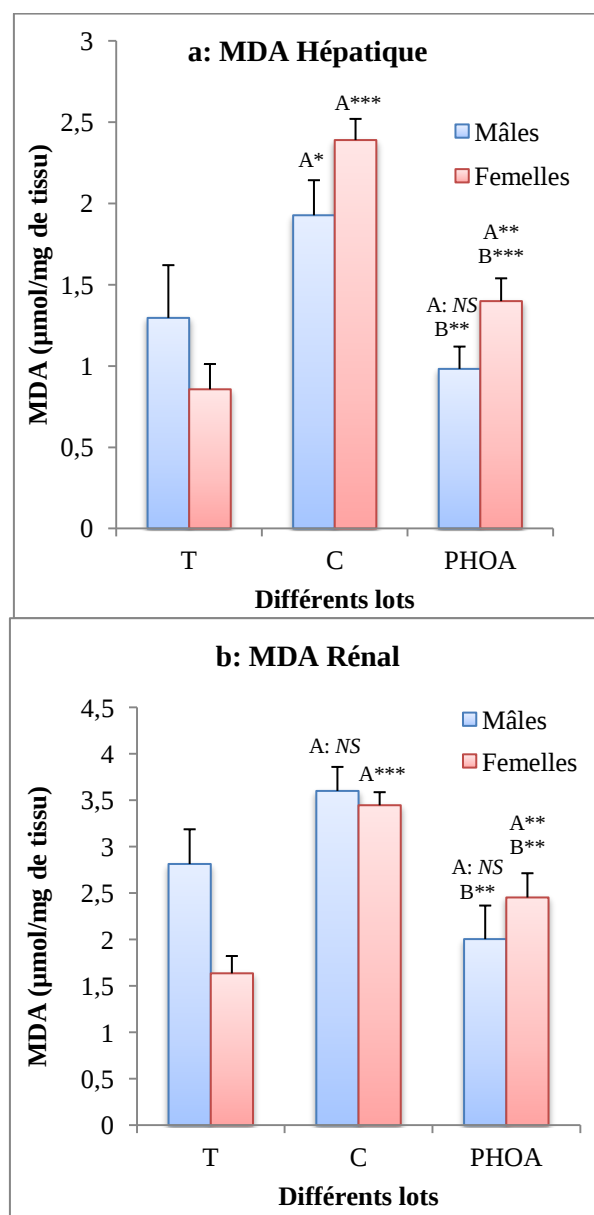


Figure 3a,b.- Effets de PHOA sur les taux de MDA hépatique et rénal chez les rats *W. albino*. Les niveaux de différences sont considérés comme non significatif (NS), significatifs (*), très significatifs (**) et très hautement significatifs (***) par rapport au lot témoin (A) et au lot contrôle positif (B).

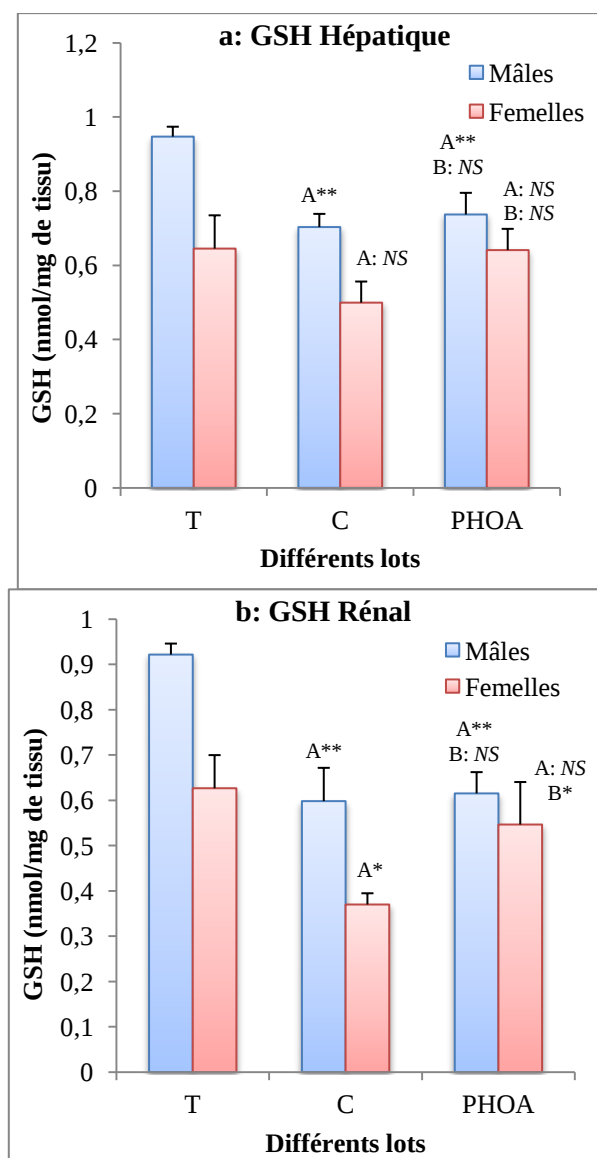


Figure 4a,b.- Effets de PHOA sur les taux de GSH hépatique et rénal chez les rats *W. albino*. Les niveaux de différences sont considérés comme non significatif (NS), significatifs (*), très significatifs (**) et très hautement significatifs (***) par rapport au lot témoin (A) et au lot contrôle positif (B).

L'étude des relations probablement existantes entre les paramètres évalués par le test de la corrélation de Pearson indique que les niveaux de MDA chez les rats mâles présentent une forte corrélation positive avec le nombre de globules blancs, de lymphocytes, de globules rouges et de plaquettes se situant entre 83 et 90% (tab. IV). Les niveaux de GSH chez les rats mâles notent une corrélation positive (70 à 78%) avec les taux d'hémoglobine et d'hématocrite. Chez les rates femelles, il est remarqué une corrélation positive entre le nombre des lymphocytes et les niveaux de MDA hépatique et rénal, soit 75% et 69% respectivement. Par ailleurs, à l'exception du taux d'hématocrite, il est constaté une corrélation négative des paramètres hématologiques chez les femelles avec les niveaux de GSH testés (57% à 74%).

Tableau IV.- Corrélation de Pearson entre les paramètres testés chez les rats mâles et femelles

Variables	MDA-Foie		MDA-Rein		GSH-Foie		GSH-Rein	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
GB	0.900	0.317	0.751	0.520	0.074	0.214	0.200	-0.577
LYM	0.896	0.755	0.729	0.691	0.068	-0.027	0.196	-0.632
GRN	0.778	0.378	0.651	0.118	-0.209	-0.655	-0.044	-0.218
GR	0.831	0.032	0.790	-0.198	0.192	-0.744	0.364	-0.224
HB	0.252	0.291	0.292	0.147	0.708	-0.695	0.785	-0.346
HT	0.420	0.031	0.408	0.258	0.735	-0.373	0.780	-0.240
PT	0.835	-0.091	0.644	-0.279	0.414	-0.683	0.438	-0.329

Le foie est un organe métabolique principal qui joue un rôle dans la désoxydation, le stockage du glycogène hépatique et la synthèse des protéines sécrétoires. Il peut être facilement endommagé par le stress oxydatif [6]. L'exposition des rats à l'acétate de plomb entraîne une diminution des niveaux de glutathion réduit (GSH) indiquant qu'elle affecte le système de défense antioxydant intracellulaire. Des concentrations accrues de malondialdéhyde (MDA), un marqueur du stress oxydatif de la peroxydation lipidique, sont également observées. SAKA *et al.* (2011) [57] et RAHMAN et SULTANA (2006) [25] rapportent chez des rats mâles et femelles de souche *Wistar albino* respectivement qu'une intoxication par l'acétate de plomb à 100mg/kg de poids corporel a diminué significativement les niveaux de GSH hépatique et rénal, et a augmenté significativement les niveaux de MDA hépatique. AQEEL *et al.* (2021) [27] notent une augmentation significative des niveaux de MDA rénal à la suite d'une intoxication par l'acétate de plomb à 20mg/kg de poids corporel sous injection intrapéritonéale pendant 5 jours chez les rats mâles *Wistar albino*. Une augmentation significative des niveaux de MDA hépatique à la suite d'une intoxication par l'acétate de plomb à 0.6% dans l'eau de boisson pendant 15 jours chez les rats mâles *Wistar albino*, est noté par GARGOURI *et al.* (2015) [58]. Le mécanisme ionique de la toxicité du plomb se produit par sa capacité à remplacer les cations divalents tels que les ions calcium, fer, magnésium et sodium monovalents; conduisant à une concurrence d'absorption dans le tractus gastro-intestinal vers les tissus cibles et par conséquent, perturber l'homéostasie cellulaire [35; 25].

2.2.3.- Observations histologiques

A partir des observations microscopiques des coupes histologiques des foies (fig. 5c,d), des constatations sur les effets de l'acétate de plomb notent des lésions hépatiques présentées par une dissociation tissulaire et la formation des vacuoles (V) entourés par un cumule leucocytaire (CL) et présentant une hémorragie (H). L'extrait brut polysaccharide hydrosoluble des feuilles d'*O. africana*, ont prévenu les lésions tissulaires hépatiques induites par l'intoxication à l'acétate de plomb chez les rattes femelles (fig. 5f). Cependant, chez les rats mâles, il diminue seulement l'intensité des effets toxiques tissulaires (fig. 5e).

DEROUICHE *et al.* (2017) [31], signalent des dommages tissulaires hépatiques chez des rats femelles *Wistar albino* induits par l'acétate de plomb à 100mg/kg de poids corporelle par voie orale pendant 15 jours, à savoir nécrose, hémorragie et inflammation. La toxicité du plomb sur le foie entraîne des lésions nécro-inflammatoires hépatiques et des anomalies des hépatocytes [1]. ZHANG *et al.* (2017) [40] notent qu'un polysaccharide issu de *L. meyenii* (Brassicaceae) à un effet hépatoprotecteur par réduction d'inflammation tissulaire contre les atteintes hépatiques induites par l'alcool. Les mécanismes d'action

possibles par lesquels les polysaccharides exercent leur activité hépato-protectrice sont principalement divisés dans trois directions, à savoir l'inhibition de la viabilité des cellules de carcinome hépatocellulaire en activant directement les protéines de l'apoptose, l'amélioration de l'indice hépatique et sérique par des voies de réponse au stress oxydatif et l'équilibre de la réponse inflammatoire en régulant les populations de cellules immunitaires et les niveaux de cytokines via de multiples voies inflammatoires [5]. La relation structure-activité hépato-protectrice des polysaccharides de plantes est principalement associée à la composition en monosaccharides. Généralement, les polysaccharides présentent de meilleures activités hépato-protectrices avec des compositions en monosaccharides plus complexes et avec un contenu plus élevé en acides uroniques [6].

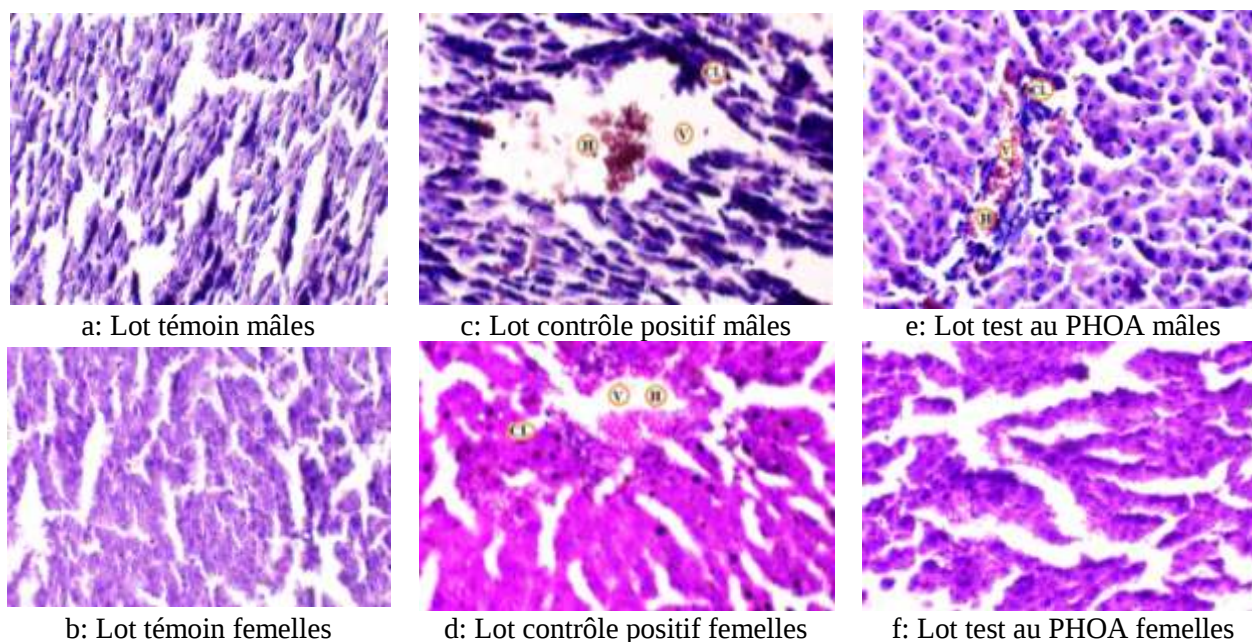


Figure 5.- Observations histopathologiques des foies des différents lots des rats *W. albino*
V: vacuole, H: hémorragie, CL: cumule leucocytaire

Conclusion

L'étude des polysaccharides issus d'*O. africana* a indiqué une hétérogénéité monomérique des oses constitutifs de l'extrait obtenu avec une présence majeure du mannose. L'activité réalisée *in vivo* note que les polysaccharides isolés ont une activité antioxydante par suppression de l'augmentation du produit de peroxydation lipidique (MDA) et de la diminution des taux de glutathion réduit (GSH) dans les tissus hépatique et rénal observées en raison de l'exposition au plomb. Ils préviennent au niveau hépatique les lésions tissulaires et l'inflammation induites par l'intoxication à l'acétate de plomb chez les rattees femelles, tandis qu'ils diminuent seulement l'intensité de ces effets toxiques tissulaires chez les rats mâles.

Références

- [1].- Boskabady M., Marefati N., Farkhondeh T., Shakeri F., Farshbaf A., and Boskabady M. H., 2018.- The effect of environmental lead exposure on human health and the contribution of inflammatory mechanisms, a review. *Environment International*, vol. 120: 404–420. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.013>

- [2].- Wani A. L., Ara A., and Usmani J. A., 2015.- Lead toxicity : a review. *Interdiscip. Toxicol.*, vol. 8(2): 55–64. <https://doi.org/10.1515/intox-2015-0009>
- [3].- World Health Organization, 2019.- Preventing Disease Through Healthy Environments, Exposure To Lead: A Major Public Health Concern. World Health Organization, Geneva. WHO/CED/PHE/EPE/19.4.7
- [4].- O'connor D., Hou D., Ye J., Zhang Y., Sik Y., Song Y., Coulon F., Peng T., Tian L., 2018.- Lead-based paint remains a major public health concern : A critical review of global production, trade, use, exposure, health risk, and implications. *Environment International*, vol. 121: 85–101. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.052>
- [5].- Yuan Y., Che L., Qi C., and Meng Z.; 2019.- Protective effects of polysaccharides on hepatic injury : A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 141: 822–830. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.002>
- [6].- Qu J., Huang P., Zhang L., Qiu Y., Qi H., Leng A., and Shang D., 2020.- Hepatoprotective effect of plant polysaccharides from natural resources : A review of the mechanisms and structure-activity relationship. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 161(9): 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.196>
- [7].- Quezel P. et Santa S., 1962-1963.- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, Paris, vol. 1 et 2: 1170 p.
- [8].- Ozenda P., 1991.- Flore et végétation du Sahara (3ème édition mise à jour et augmentée). Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Pp. 250-278.
- [9].- Ould El Hadj M. D., Hadj-Mahammed M., et Zabeirou H., 2003.- Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara Septentrional Est). *Courrier du savoir*, vol. 3: 47-51.
- [10].- Nabti L. Z. and Belhatta R., 2016.- *In vitro* antioxidant activity of *Oudneya africana* R. Br. aerial parts. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, vol. 4: 58-64.
- [11].- Telli A., Esnault M. A. and Ould El Hadj Khelil A., 2016.- An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province). *Journal of Arid Environments*, vol. 127: 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.11.005>
- [12].- Tabarsa M., You S., Abedi M., Ahmadian N., LI C., and Talapphet N., 2019.- The activation of RAW264.7 murine macrophage and natural killer cells by glucomannogalactan polysaccharides from *Tornabea scutellifera*. *Carbohydrate Polymers*, vol. 219: 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.044>
- [13].- Fang J., Wang Z., Wang P., and Wang M., 2020.- Extraction, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Ginkgo biloba* : A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 162: 1897–1905. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.141>
- [14].- Guo T., Yang Y., Gao M., Qu Y., Guo X., Liu Y., Cui X., and Wang C. 2020.- *Lepidium meyenii* Walpers polysaccharide and its cationic derivative re-educate

tumor-associated macrophages for synergistic tumor immunotherapy. Carbohydrate Polymers, vol. 250: 116904. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116904>

- [15].- Lee Y. K., Jung S. K., and Chang Y. H., 2020.- Rheological properties of a neutral polysaccharide extracted from maca (*Lepidium meyenii* Walp.) roots with prebiotic and anti-inflammatory activities. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 152: 757–765. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.307>
- [16].- Xia L., Zhu M., Lu Y., and Chen D.; 2019.- *Juniperus pingii* var. *wilsonii* acidic polysaccharide: extraction, characterization and anticomplement activity. Carbohydrate Polymers, 115728. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115728>
- [17].- He P., Li F., Huang L., Xue D., Liu W., and Xu C., 2016.- Chemical characterization and antioxidant activity of polysaccharide extract from spent mushroom substrate of *Pleurotus eryngii*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineer. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2016.10.017>
- [18].- Tabarsa M., You S., Dabaghian E. H., and Surayot U., 2017- Water-soluble polysaccharides from *Ulva intestinalis*: Molecular properties, structural elucidation and immunomodulatory activities. Journal of Food and Drug Analysis, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.07.016>
- [19].- Jia Y., Gao X., Xue Z., Wang Y., Lu Y., Zhang M., Panichayupakaranant P., Chen, H., 2020- Characterization, antioxidant activities, and inhibition on α -glucosidase activity of corn silk polysaccharides obtained by different extraction methods. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 163: 1640–1648. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.068>
- [20].- Zhi F., Yang T., Wang Q., Jiang B., Wang Z., Zhang J., and Chen Y., 2019.- Isolation, structure and activity of a novel water-soluble polysaccharide from *Dioscorea opposita* Thunb. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 133: 1201–1209. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.087>
- [21].- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F., 1956.- Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem., vol. 28: 350-356.
- [22].- Monsigny M., Claire P. and Roche A., 1988.- Calorimetric Determination of Neutral Sugars by Resorcinol Sulfuric Acid Micromethod. Analytical Biochemistry, vol. 175: 525-530.
- [23].- Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr L. and Randall R. J., 1951.- Protein measurement with the folin phenol reagent, J. Biol. Chem., vol. 193: 265-275.
- [24].- Hentati F., Delattre C., Ursu A. V., Desbrieres J., Le Cerf D., Gardarin C., Abdelkafi S., Michaud P., and Pierre G., 2018.- Structural characterization and antioxidant activity of water-soluble polysaccharides from the Tunisian brown seaweed *Cystoseira compressa*. Carbohydrate Polymers. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.098>
- [25].- Rahman S., and Sultana S., 2006- Chemopreventive activity of glycyrrhizin on lead acetate mediated hepatic oxidative stress and its hyperproliferative activity in Wistar

- rats. *Chemico-Biological Interaction*, vol. 160: 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2005.12.003>
- [26].- Southon S., Gee M. J., and Johnson I. T., 1984.- Hexose transport and mucosal morphology in the small intestine of the zinc-deficient rat. *British Journal of Nutrition*, vol. 52 (2): 371 – 380. <https://doi.org/10.1079/BJN19840103>
- [27].- Aqeel T., Gurumallu S. C., Bhaskar A., Hashimi S. M., Lohith N. M., and Javaraiah R., 2021.- Protective role of flaxseed lignan secoisolariciresinol diglucoside against lead-acetate-induced oxidative-stress-mediated nephrotoxicity in rats. *Phytomedicine Plus*, vol. 1(3): 100038. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100038>
- [28].- Ramu S., Anita M., Geetha N., and Jayaraman A., 2020.- Toxicological evaluation of *Sargassum Wightii* greville derived fucoidan in wistar rats: Haematological, biochemical and histopathological evidences. *Toxicology Reports*, vol. 7: 874–882. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.07.009>
- [29].- Derouiche S., Zeghib K., Gharbi S., and Khelef Y., 2018.- Beneficial Effects of *Aristolochia Longa* and *Aquilaria Malaccensis* on Lead- Induced Hematological Alterations and Heart Oxidative Stress in Rats. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2018, vol. 10(9): 8-15. <https://www.researchgate.net/publication/328232181>
- [30].- Al-Hayder M. N., Al-Mayyahi R. S. and Abdul-Razak A. S., 2020.- Effects of sun flower oils and beef tallow on serum parameters and liver histopathology in experimental rats. *Obesity Medicine*, vol. 18: 100232. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2020.100232>
- [31].- Derouiche S., Zeghib K., Gharbi S., Khelef Y., and Feriani A., 2017.- Protective effects of *Aristolochia longa* and *Aquilaria malaccensis* against lead induced acute liver injury in rats, vol. 6(5): 193–197. <https://doi.org/10.4103/2221-6189.219611>
- [32].- Yagi K., 1976.- Simple fluorimetric essay for lipoperoxide in blood plasma. *Biochem Med*, vol. 15(2): 212-216. [https://doi.org/10.1016/0006-2944\(76\)90049-1](https://doi.org/10.1016/0006-2944(76)90049-1)
- [33].- Weckbecker G., and Cory J. G., 1988.- Ribonucleotide reductase activity and growth of glutathione-depleted mouse leukemia L1210 cells *in vitro*. *Cancer Lett*, vol. 40: 257–264. [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(88\)90084-5](https://doi.org/10.1016/0304-3835(88)90084-5)
- [34].- Kong L., Yu L., Feng T., Yin X., LIU T., and Dong L. 2015.- Physicochemical characterization of the polysaccharide from *Bletilla striata*: Effect of drying method. *Carbohydrate Polymers*, vol. 125:, 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.02.042>
- [35].- Mani M. S., Joshi M. B., Shetty R. R., Dsouza V. L., Swathi M., Prasada S., and SUNIL H., 2020.- Lead exposure induces metabolic reprogramming in rat models. *Toxicology Letters*, vol. 335: 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.09.010>
- [36].- Hashemifesharaki R., Xanthakis E., Altintas Z., Guo Y., and Taghi Gharibzahed S. M., 2020.- Microwave-assisted extraction of polysaccharides from the marshmallow roots: Optimization, purification, structure, and bioactivity. *Carbohydrate Polymers*, vol. 240: 116301. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116301>

- [37].- Sun Y., Dai C., Shi S., Zheng Y., Wei W., and Cai D., 2018.- Composition analysis and antioxidant activity of essential oils, lipids and polysaccharides in different phenotypes of *Lepidium meyenii*. Journal of Chromatography B, vol. 1099: 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2018.09.010>
- [38].- Zha Z., Wang S., Chu W., Lv Y., Kan H., Chen Q., Zhong L., Yue L., Xiao J., WANG Y., and YIN H., 2018.- Isolation, purification, structural characterization and immunostimulatory activity of water-soluble polysaccharides from *Lepidium meyenii*. Phytochemistry, vol. 147: 184–193. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.01.006>
- [39].- Li S., Hao L., Kang Q., Cui Y., Jiang H., Liu X., and Lu J., 2017.- Purification, characterization and biological activities of a polysaccharide from *Lepidium meyenii* leaves. International Journal of Biological Macromolecules. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.05.165>
- [40].- Zhang L., Zhao Q., Wang L., Zhao M., and Zhao B., 2017.- Protective effect of polysaccharide from maca (*Lepidium meyenii*) on Hep-G2 cells and alcoholic liver oxidative injury in mice. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 99: 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.125>
- [41].- Wang W., Zou Y., Li Q., Mao R., Shao X., Jin D., Zheng D., Zhao T., Zhu H., Zhang L., Yang L., and WU X., 2016.- Immunomodulatory effects of a polysaccharide purified from *Lepidium meyenii* Walp. on macrophages. Process Biochemistry. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.procbio.2016.01.003>
- [42].- Wang W., Zhang F., Li Q., Chen H., Zhang W., Yu P., Zhao T., Mao G., Feng W., Yang L., and WU X., 2018.- Structure characterization of one polysaccharide from *Lepidium meyenii* Walp., and its antioxidant activity and protective effect against H₂O₂-induced injury RAW264.7 cells. International Journal of Biological Macromolecules. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.06.117
- [43].- Caicai K., Limin H., Liming Z., Zhiqiang Z., and Yongwu Y., 2017.- Isolation, purification and antioxidant activity of polysaccharides from the leaves of maca (*Lepidium Meyenii*). International Journal of Biological Macromolecules. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.139>
- [44].- Wang W., Wang X., Ye H., Hu B., Zhou L., Jabbar S., Zeng X., and Shen W. 2016.- Optimization of extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Brassica rapa* L. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 82: 979–988. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.051>
- [45].- Zhang J., Wen C., Zhang H., and Duan Y., 2019.- Review of isolation, structural properties, chain conformation, and bioactivities of psyllium polysaccharides. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 139: 409–420. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.014>
- [46].- Alabdallah M. N., Alluqman M. S., 2022.- The synthesis of polysaccharide crude nanoparticles extracts from Taif rose petals and its effect on eggplant seedlings under drought and salt stress. Journal of King Saud University – Science, vol. 34:102055. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102055>

- [47].- Gupta A., Bano A., Rai S., Mishra R., Singh M., Sharma S., Pathak N., 2022.- Mechanistic insights of plant-microbe interaction towards drought and salinity stress in plants for enhancing the agriculture productivity. *Plant Stress* vol. 4: 100073. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100073>
- [48].- Zhao Y., Zhang Y., Bai X., Lin R., Shi G., Du P., Xiao K., 2021.- TaNF-YB11, a gene of NF-Y transcription factor family in *T. aestivum*, confers plant drought tolerance via modulating osmolyte accumulation and ROS homeostasis. *Journal of Integrative Agriculture*, Journal pre-proof: 24p. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.07.058>
- [49].- Ahluwalia O., Singh C. P., Bhatia R., 2021.- A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria. *Resources, Environment and Sustainability* vol. 5: 100032. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100032>
- [50].- Balsamo R., Boak M., Kayla Nagle K., Peethambaran B., Layton B., 2015.- Leaf biomechanical properties in *Arabidopsis thaliana* polysaccharide mutants affect drought survival. *Journal of Biomechanics*, vol. 48: 4124–4129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.10.016>
- [51].- Leucci R. M., Lenucci S. M., Piro G., Dalessandro G., 2008.- Water stress and cell wall polysaccharides in the apical root zone of wheat cultivars varying in drought tolerance. *Journal of Plant Physiology*, vol. 165: 1168–1180. doi:10.1016/j.jplph.2007.09.006
- [52].- Li Y., Xu F., Zheng M., Xi X., Cui X., and Han C., 2018.- Maca polysaccharides: A review of compositions, isolation, therapeutics and prospects. *International Journal of Biological Macromolecules* PT NU SC. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.059>
- [53].- Gade M., Comfort N., and Re D. B., 2021.- Sex-specific neurotoxic effects of heavy metal pollutants : Epidemiological, experimental evidence and candidate mechanisms neurotoxicity neurotoxic effects heavy metals sexual dimorphism brain. *Environmental Research*, vol. 201: 111558. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111558>
- [54].- Behl T., Kumar K., Brisc C., Rus M., Nistor-Cseppento D. C., Bustea C., Aron R. A. C., Pantis C., Zengin G., Sehgal A., Kaur R., Kumar A., Arora S., Setia D., Chandel D. and Bungau S., 2021.- Exploring the multifocal role of phytochemicals as immunomodulators. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 133: 110959. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110959>
- [55].- Austad S. N., and Fischer K. E., 2016- Sex Differences in Lifespan. *Cell Metabolism*, vol. 23(6): 1022–1033. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.05.019>
- [56].- Ibrahim N. M., Eweis E. A., El-Beltagi H. S., and Abdel-Mobdy Y. E., 2012.- Effect of lead acetate toxicity on experimental male albino rat. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 2(1): 41–46. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60187-1](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60187-1)

- [57].- Saka S., Bahi A., and Aouacheri W., 2011.- L'effet du stress oxydant induit par l'acétate de plomb sur le système enzymatique du glutathion chez les rats. Annales de Toxicologie Analytique, vol. 23(3): 1-7. <https://doi.org/10.1051/ata/2011123>
- [58].- Gargouri M., Amara I. B. E. N., Ksouri R., Zeghal K. M., Feki A. E. L., Magne C., and Hakim A., 2015.- Impact de deux plantes halophytes sur l'hépatotoxicité induite par le plomb chez le rat male adulte. Journal de l'Information Médicale de Sfax, N°21/22, 72–80. <https://www.medecinesfax.org/useruploads/files/numero21-22.pdf>