

# المجلة الجزائرية للعلوم

## Revue Algérienne des Sciences



Numéro 06

Janvier 2021



JSSN : 2661-7064

تصدرها جامعة الشاذلي بن جديد الطارف  
Éditée par l'université Chadli Bendjedid - El Tarf



**REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A**  
Sciences de la Nature et de la Vie  
Sciences techniques

ISSN : 2661-7064  
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



**Directeur de la revue**  
Pr. Dr. Abdelmalik  
Bachkhaznadj  
**Rédacteur en chef**  
Dr. Aissaoui Chadli

**Directeur de la publication**  
Pr. Dr. Benakhla Ahmed  
**Responsable de la conception**  
Dr. Boucheikhchoukh Mehdi

**SOMMAIRE**

	Page
<b>1 Impact de deux procédés d'extractions traditionnelles sur la qualité physicochimique d'une huile d'olives</b> Ait Saada Djamel (Université de Tiaret)	2-9
<b>2 Controlled reproduction test of the African catfish <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell.1822) in captivity, at the Saharan hatchery of Ouargla</b> Bachir Bouiadjra Benabdallah (Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem)	10-15
<b>3 La caroube : valorisation et utilisation industrielle</b> Benabdelmoumene Djilali (Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem)	16-21
<b>4 Bio-surveillance de la qualité des eaux des mares temporaires sur trois principales routes de la wilaya de Tiaret (Dahmouni, Sougueur, Mellakou) : Dosage des bioindicateurs végétaux</b> Chafaa Meriem (Université de Tiaret)	22-27
<b>5 Impact économique de la brucellose bovine dans la région de Tiaret. Algérie</b> Dahane A (Université de Tiaret)	28-33
<b>6 Approche préliminaire sur la fromageabilité des laits collectés au niveau d'une fromagerie industrielle</b> Dahou Abdelkader Elamine (Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem)	34-39
<b>7 Le parfum : du naturel au synthétique</b> Diaf Ilhem (Université Chadli Bendjedid, El Tarf)	40-43
<b>8 Application of Friedel-Crafts acylation of 2(3H)-benzoxazolone and 2(3H)-benzothiazolone using AlCl<sub>3</sub> supported on silica gel under solvent-free conditions</b> Guenadil Faouzi (Université Chadli Bendjedid, El Tarf)	44-48
<b>9 Water footprint and economic water productivity of cattle dairy farms in semi-arid agro-ecological region of Mascara-Algeria</b> Yerou Houari (University of Mascara)	49-54



## Impact de deux procédés d'extractions traditionnelles sur la qualité physicochimique d'une huile d'olives

Ait Saada Djamel<sup>1</sup>, Ait Chabane Ouiza<sup>1</sup>, Benalioua Amel Née Benazza<sup>2</sup>, Chalkh Djamil<sup>2</sup> et Homrani Abdelkader<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition. Université Abdelhamid ibn Badis, Mostaganem.

<sup>2</sup> Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie, Université de Tiaret.

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale, Université Ibn Badis, Mostaganem.

Informations	Résumé
<p><b>Mots clés :</b>            Procédés technologiques,            Extraction,            Huiles olive,            Qualité,            Chaud,            Froid.</p> <p><b>*Correspondance :</b>            aitsaada@gmail.com</p>	<p>Cette étude expérimentale vise à optimiser le meilleur procédé d'extraction pouvant au mieux préserver la qualité d'huile d'olives. Deux procédés d'extractions (à chaud et à froid) traditionnelles utilisées en Algérie ont été testées respectivement sur un échantillon de 8 à 8.5 kg d'olives issues d'une variété espagnole récoltés manuellement au mois de février durant la campagne (2020). Les analyses physicochimiques effectuées sur les huiles d'extractions ont été réalisées en 5 répétitions et ont concerné : le rendement d'extraction, l'acidité libre, les composés phénoliques, l'indice de peroxyde, les extinctions spécifiques dans l'UV, les caroténoïdes et la chlorophylle. Les résultats ont subi une analyse de la variance mono-factorielle en randomisation et une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.</p> <p>Les deux procédés technologiques d'élaboration testés n'ont pas affecté significativement le rendement d'extraction en huiles d'olives extra vierges obtenues. Cependant, le taux en composés phénoliques de l'huile issue du procédé à froid a été nettement bien supérieure (<math>p &lt; 0.01</math>) à celle résultant du procédé à chaud. L'activité antioxydante des extraits d'olives a été modulée aussi par le traitement d'élaboration dont l'ampleur s'avère plus important dans l'huile d'olive extraite par le procédé à froid que celle élaborée via le procédé à chaud. Enfin, aucune différence dans la capacité à décolorer le <math>\beta</math>-carotène et la chlorophylle n'a été notée dans les huiles issues des deux modes d'extractions.</p>

### 1. Introduction

L'huile d'olive de table est très appréciée pour ses propriétés nutritionnelles et biologiques qui lui ont valu l'appellation d'« Aliment fonctionnel ». Elle semble être un produit cible ayant un bon potentiel pour la promotion de la santé. Certains composants de ce fruit sont très bénéfiques pour la santé comme les fibres alimentaires (ayant des effets bénéfiques en matière de prévention contre plusieurs pathologies humaines en l'occurrence le cancer du colon), les acides gras mono-insaturés et acides gras essentiels (possédant une activité antiathérogène et anti-cancéreuse) et les antioxydants tels les stérols, les polyphénols, les caroténoïdes et les tocophérols (ayant montré de forts pouvoirs anti-âge, antiathérogène et anti-infectieuse) [01]. En outre, certaines bactéries lactiques

indigènes des olives de table lui procurent un potentiel probiotique [02].

En Algérie, l'huile d'olive joue un rôle économique et social majeur. La production nationale a été estimée à plus de 80 000 tonnes durant la campagne 2019-2020 ; soit environ 2.56% de la production mondiale [03]. Le verger oléicole national couvre une superficie de plus de 328 884 hectares avec un nombre d'olivier atteignant les 32000000 arbres [04]. Cette oléiculture est localisée typiquement dans 03 régions du pays : au Centre Nord couvrant principalement les wilayas de Tizi-ouzou, Bouira et Bejaia avec 54,3 % de la surface totale, à l'Est occupant surtout les wilaya de Jijel, Guelma, Skikda, et Mila avec 28,3 % et à l'Ouest en particulier à Tlemcen, Sig et Mascara avec à peine 17% de la production oléicole [05].

Au cours de ces dernières années, les efforts ont été déployés pour développer la culture de l'olivier dans certaines régions spécifiques de son territoire et afin de l'introduire dans certaines régions du Sahara. Beaucoup de progrès ont été aussi consenti dans l'intention d'améliorer la quantité de production et la qualité des huiles vierges à vierge extra.

L'huile d'olives Chemlal est considérée comme étant la variété la plus répandue en Algérie. Elle est principalement distribuée dans le centre-nord du pays. D'autres variétés d'olives locales sont aussi exploitées mais à une faible échelle dans la production locale d'huile (exemple : *Limli*, *Azeradj*, *Takesrit* Longue de Meliana et Souidi...). La recherche d'autres variétés plus productives qui s'adaptent bien aux différentes conditions pédoclimatiques du pays devient une première préoccupation des agriculteurs pour promouvoir la production d'huile d'olive de qualité supérieure susceptible d'être concurrentielle sur le marché national et internationale.

Nous nous sommes proposés dans cette présente étude de suivre les effets de deux procédés d'extraction traditionnelle autochtone réalisée d'une manière artisanale dans certaines régions du pays l'un à chaud et l'autre à froid sur la qualité de l'huile d'olive issue d'une variété espagnol non identifiée et cultivée dans le cadre d'un essai expérimentale à la ferme d'élevage de Hassi Mameche relevant de l'université de Mostaganem-Algérie.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Matériel végétal

Une variété d'olive (Oléastre) espagnole non identifiée a fait l'objet de cette étude. Cette variété a été introduite à titre expérimentale dans l'atelier agricole relevant de l'université de Mostaganem et sise dans la commune de Hassi Mammeche - Mostaganem à 0° 05'21.05"E de longitude et à 35° 55'52.14" N de latitude. Une quantité d'olives d'environ 17 Kg ont été récoltées manuellement au mois de février durant la campagne (2020). Les fruits une fois collectés ont été rapidement transportés dans une caisse en plastique et orientés pour une éventuelle extraction d'huile d'olive par deux procédés d'extraction traditionnels; l'un à chaud l'autre à froid (**Figure 1**).



Fig. 1 : Récolte des échantillons d'olives

### 2.2. Procédé d'extraction à chaud d'huile d'olive

Après récolte, les échantillons d'olives ont subi un effeuillage et débarrassés des brindilles, pierres, boue et poussières. Une quantité de 9Kg d'olives a été broyée au fur et à mesure dans un mortier traditionnel (MEHRAZ). De l'eau chaude, environ 8 litres à une température de (80-90°C), a été ajoutée au broyat d'olives et laissée agir pendant 45 minutes jusqu'à ce que le milieu devienne tiède.

Le mélange a été, ensuite, bien malaxé avec une spatule en bois et filtré à travers une grande passoire séparant les deux composants : Grignon et Moût. Le moût récupéré a été mis dans une marmite et chauffé au feu doux jusqu'à ébullition dans un four durant 01 heure. Le lendemain, après refroidissement et décantation, l'huile d'olive de surface a été récupérée par le biais d'une louche. Les échantillons d'huile ont été recueillis dans deux flacons en verre fumé d'une capacité de 125 ml, étiquetés et conservés à une température de 4°C jusqu'à des analyses ultérieures (**Figures 2 et 3**).

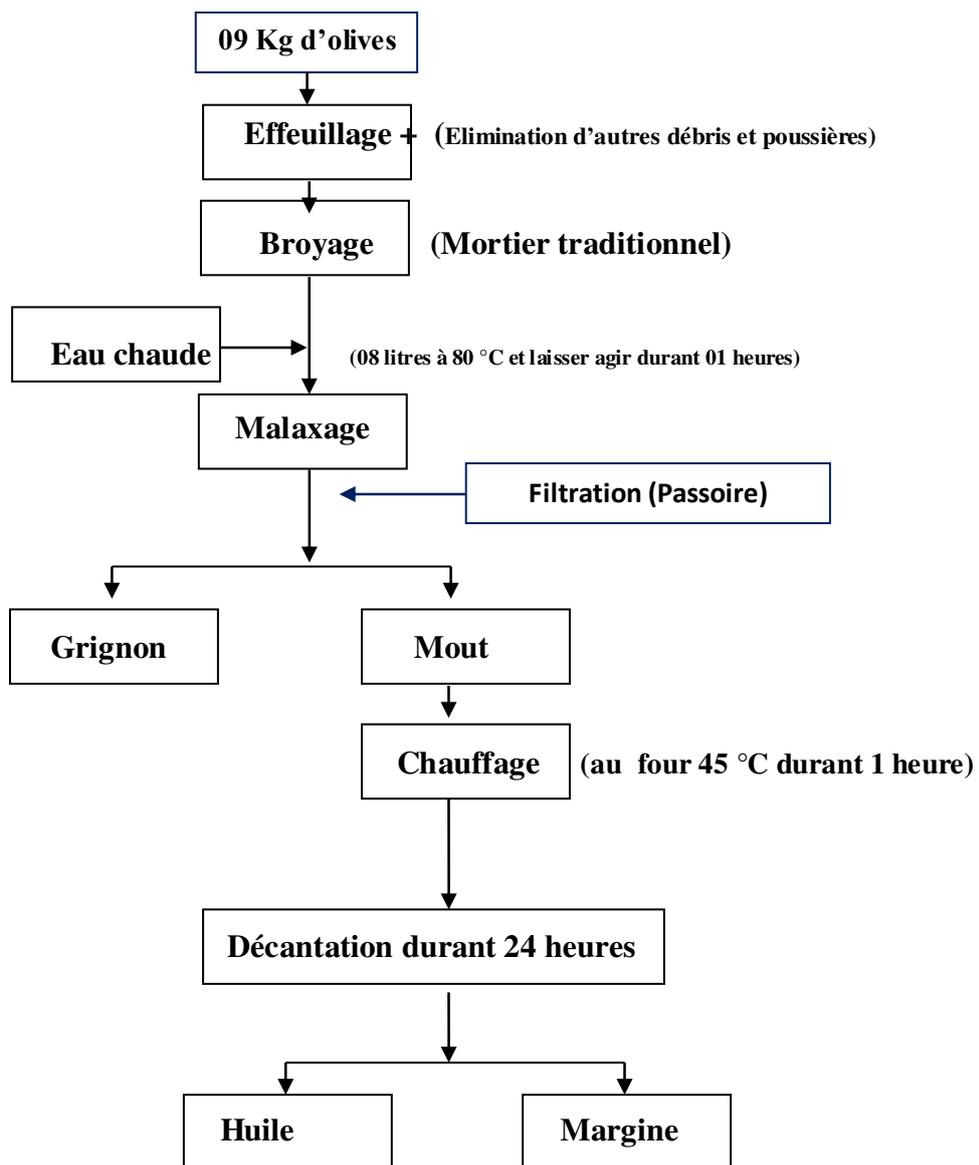


Fig. 2 : Diagramme d'extraction traditionnelle à chaud de l'huile d'olive.

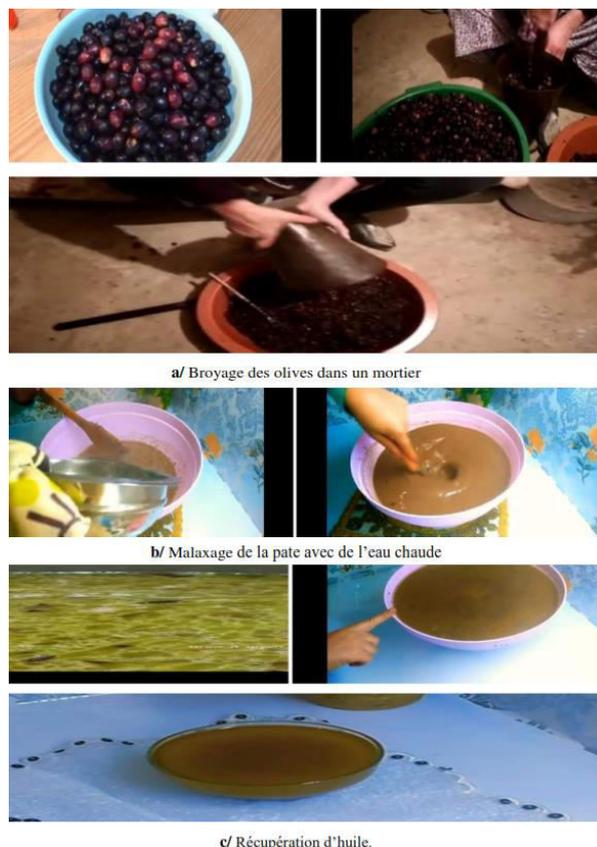


Fig. 3 : Principales étapes d'extraction à chaud de l'huile d'olive.

### 2.3. Procédé d'extraction à froid de l'huile d'olive

Ce procédé a été appliqué sur une quantité de 8 Kg d'olives. Les échantillons ont été tout d'abord débarrassés des feuilles et du reste des débris d'animaux ou végétaux, ainsi que des traces de boue ou de poussières pouvant adhérer aux fruits récoltés. Après l'opération de nettoyage, les olives ont subi un broyage dans un mortier traditionnel, et le broyat récupéré a été mis soigneusement dans un sac en jute déposé sur un tabouret. Le sac contenant le broyat d'olives a été mis ensuite sous une pression d'un poids de 25Kg durant une nuit. Le jus d'extraction récupéré dans un bac a été laissé se décanter durant 6 heures et l'huile vierge flottante a été enfin récupérée et déposée dans un flacon teinté à 4°C (Figures 4 et 5).

### 2.4. Analyses physico-chimiques

Les huiles d'olives issues des deux procédés d'extraction à froid et à chaud ont été analysées lors de la première mise en bouteille. Les paramètres testés ont concerné en particulier les différents indices déterminant de la qualité d'une huile dont :

- Acidité libre ;
- Indice de peroxyde ;
- Absorbance dans les UV (K232 et K270) ;
- Taux des pigments (chlorophylles et caroténoïdes) ;
- Taux en composés phénoliques totaux.

Pour une meilleure fiabilité des résultats, les analyses de chaque indice (mesure) ont été effectuées en 05 répétitions.

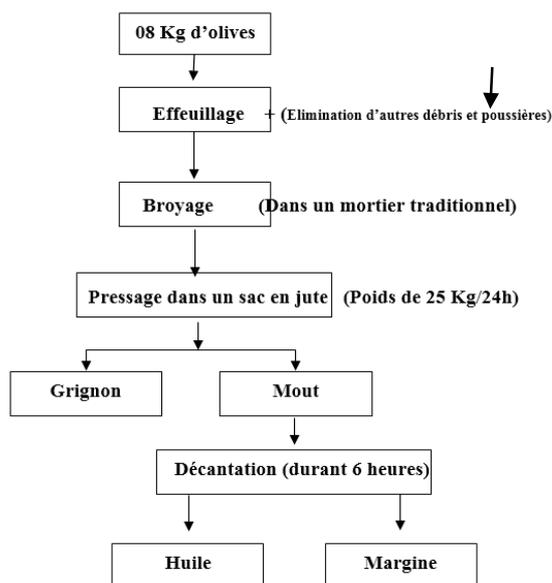


Fig. 4 : Diagramme d'extraction traditionnelle à froid de l'huile d'olive.



Fig. 5 : Principales étapes d'extraction à froid de l'huile d'olive.

### Acidité libre

Exprimé en % d'acide oléique, l'acidité libre a été déterminée selon la méthode décrite dans le règlement CEE/2568/91 [06] de la commission du 11 juillet 1991 relatif aux caractéristiques des fruits d'olives et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférentes. Après dissolution de 5 g d'huile dans 20 ml d'un mélange d'oxyde diéthylique-éthanol à 95% (V/V), les acides gras présents sont titrés à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium à 0,1 N en présence de phénophtaléine. Un essai témoin (sans matières grasses) a été réalisé dans les mêmes conditions. L'acidité est déterminée selon la formule suivante :

$$A \%(\text{d'acide oléique}) = (V - V_0) * (N * M / 10 * m)$$

V : Volume en ml de KOH nécessaire pour neutraliser l'échantillon ;

V<sub>0</sub> : Volume en ml de KOH nécessaire pour neutraliser le blanc ;

N : Normalité de l'hydroxyde de potassium ;

M : masse molaire g/ml d'acide oléique qui est égale à 282g/ml ;

m : Masse en gramme de la prise d'essai.

### Indice de peroxyde

La détermination de la teneur en peroxydes dans les huiles permet d'évaluer le niveau d'oxydation primaire produit au cours du stockage et/ou d'élaboration de l'huile. La présence d'hydroperoxydes peut être détectée dans l'huile d'olive, à travers un dosage colorimétrique par le thiosulfate de sodium. Cet indice est exprimé en milliéquivalent d'oxygène. La formation des peroxydes est causée par la présence de certains facteurs favorisants (UV, eau, enzyme, trace de métaux, etc.) et à la présence d'oxygène dissout dans l'huile.

Selon la méthode décrite par le règlement CEE/2568/91 [06], dans une fiole peser 2 g à 0,001 près d'huile d'olive. Ensuite, ajouter 10 ml de chloroforme, dissoudre rapidement la prise en agitant. Ajouter 15 ml d'acide acétique, puis 1 ml de solution d'iodure de potassium (solution aqueuse saturée). Boucher immédiatement et agiter vigoureusement pendant 1 minute, puis laisser reposer pendant 5 minutes à l'abri de la lumière et à température ambiante (15 à 25°C). Ajouter 75 ml d'eau distillée. Titrer l'iodure libéré avec la solution de thiosulfate de sodium à 0,01N en agitant vigoureusement et en employant la solution d'amidon comme indicateur. Un essai à blanc a été effectué simultanément. L'indice de peroxyde (IP) a été déterminé conformément à la formule suivante:

$$I_p = N (V - V_0) * 1000 / m \text{ (meq d'O}_2\text{/Kg)}$$

V: Volume en millilitre de thiosulfate de sodium nécessaire pour titrer le blanc.

V : Volume en millilitre de thiosulfate de sodium nécessaire pour titrer l'essai.

N : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,01 N).

m : Masse en gramme de la prise d'essai.

### Extinction spécifique dans les UV

Le coefficient d'extinction spécifique a été déterminé selon la méthode officielle décrite par le Conseil Oléicole International [07]. L'échantillon examiné doit être parfaitement homogène et exempt d'impuretés en suspension. La filtration est faite à l'aide d'un papier filtre. Peser 0.10 g à 0,001 près d'huile d'olive dans une fiole jaugée de 25 ml, compléter avec 10 ml du cyclohexane; la solution obtenue doit être parfaitement limpide. La lecture est faite dans des cuves en quartz de parcours optique de 1 centimètre aux longueurs d'onde de 232 et 270 nm en utilisant comme blanc le solvant employé.

Les extinctions spécifiques rapportées aux différentes longueurs d'onde sont calculées comme suit :

$$E = A\lambda / C * l$$

E : Extinction spécifique a la longueur d'onde  $\lambda$  ;

A $\lambda$  : Absorbance mesurée a la longueur d'onde  $\lambda$  ;

C : Concentration de la solution en gramme par 100 ml;

l : Epaisseur de la cuve en centimètre (1cm).

### Pigments (chlorophylles et caroténoïdes)

Les pigments, carotènes et chlorophylles ont été déterminés suivant la méthode décrite par Minguez-Mosquera et ses collaborateurs [08]. Trois grammes (3g) d'huile ont été dissoutes dans 10 ml de cyclohexane. Les teneurs des caroténoïdes et chlorophylles ont été déterminées respectivement, par la mesure de l'absorbance à 472 et 670 nm.

Les valeurs des coefficients d'extinctions spécifiques appliquées étaient :

- E<sub>0</sub> = 613 pour la phéophytine, une composante majeure des pigments chlorophylliens ;

- E<sub>0</sub> = 2000 pour la lutéine, un élément majeur des caroténoïdes.

Les teneurs en pigments ont été calculées comme suit:

$$\text{Chlorophylle (mg/Kg)} = (A_{670} * 106) / (613 * 100 * l).$$

$$\text{Caroténoïde (mg/Kg)} = (A_{470} * 106) / (2000 * 100 * l).$$

A $\lambda$ : absorbance à la longueur d'onde  $\lambda$ .

l : épaisseur de la cuve en centimètre (1cm).

### Teneurs en polyphénols totaux

Le protocole de Pirisi et ses collaborateurs [09] a été adopté afin d'extraire les composés phénoliques. 02 g d'huile d'olive ont été introduits dans un tube, additionnés de 1 ml de n hexane et 02 ml de méthanol 60%. Après homogénéisation, la mixture a été centrifugée pendant 05 min à 3000 tpm. Le surnageant (méthanol) contenant les polyphénols a été récupéré. Deux autres extractions ont été réalisées dans le but d'épuiser l'huile. Les surnageants, ont été réunis avant d'être concentrés à

sec sous vide à 40 °C, puis récupérés dans 1 ml de méthanol 50%.

La teneur en poly-phénols totaux a été déterminée selon la méthode préconisée par Favati et ses collaborateurs [10]. 5 ml d'eau distillée ont été ajoutés à 2 ml de l'élué suivi de 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu. Après 3 minutes d'incubation à température ambiante, le mélange a été additionné avec 4 ml de carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) à 10 %. Le mélange a été porté à un volume final de 20 ml par de l'eau distillée. Après incubation pendant 90 minutes à l'obscurité, la préparation est filtrée puis analysée à 760 nm contre un blanc dont l'élué est remplacé par le même volume du méthanol. La concentration en phénols est calculée à l'aide d'une courbe d'étalonnage réalisée avec de l'acide gallique comme standard (20, 35, 45, 55, 65, 75 µg/ml). Les résultats sont exprimés en mg Equivalents Acide Gallique par kg d'huile d'olive (EAG/l d'huile).

### Traitement statistique

Les résultats exprimés en moyennes accompagnés des écarts types respectifs ont été traités statistiquement par un logiciel Software à savoir le **Stat Box 6.4**. Les données de chaque variable mesurée ont été traitées statistiquement par une analyse de variance monofactorielle en randomisation, suivie d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls. Les groupes homogènes de comparaison des moyennes ont été révélés aux deux seuils de probabilité : à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

## 3. Résultats

### 3.1. Effet de deux procédés d'extractions traditionnelles sur la qualité d'huile d'olive.

Le procédé à chaud a engendré un rendement d'extraction d'huile d'olive plus élevé ( $p < 0.01$ ) que le procédé à froid ; 3.16 vs 2.60 %, en moyenne.

Par ailleurs, l'huile d'olive issue du procédé à chaud a marqué une acidité significativement ( $p > 0.01$ ) plus prononcée que celle résultant du procédé à froid ; 0.72 vs 0.63 % d'acide oléique, en moyenne.

En outre, l'huile du procédé à froid a accusé un fort ( $p < 0.01$ ) indice de peroxyde comparativement au procédé à chaud ; 15.30 vs 10.23 mequi O<sub>2</sub>/l, en moyenne.

Concernant les résultats d'extinction dans l'ultra-violet, les valeurs enregistrées au K232 et au K 270 dans l'huile préparée par le procédé à chaud sont significativement ( $p < 0.01$ ) supérieures à ceux provenant du procédé à froid ; 1.75 vs 1.25 et 0.18 vs 0.13, en moyenne, respectivement.

Pour les principaux pigments caractéristiques de qualité des huiles, pratiquement les deux huiles expérimentales ont présenté des teneurs comparables ( $p > 0.05$ ) en caroténoïdes et en chlorophylles ; 0.56 vs 0.62 et 1.20 vs 1.40 mg/l, en moyenne.

En fin, le chauffage a sensiblement altéré le niveau de composés phénoliques dans l'huile préparée par le procédé à chaud (115.45 mg EAG/l) comparativement au procédé à froid dont les teneurs ont été significativement ( $p < 0.01$ ) plus élevées (160.23 mg EAG/l) (**Tableau 1**).

**Tableau 1.** Effet de deux procédés d'extractions traditionnelles sur la qualité d'huile d'olive.

Mesures	Procédé à froid	Procédé à chaud
Rendement (%)	02.60	03.16
Acidité libre (% acide oléique)	00.63	00.72
Indice de peroxyde (mequi O <sub>2</sub> /l)	15.30 <sup>a</sup>	10.23 <sup>b</sup>
Extinction spécifique dans l'UV (K232)	1.25 <sup>b</sup>	1.75 <sup>a</sup>
Extinction spécifique dans l'UV (K270)	0.13 <sup>b</sup>	0.18 <sup>a</sup>
Caroténoïdes (mg/l)	0.56	0.62
Chlorophylles (mg/l)	1.20	1.40
Composés phénoliques (mg EAG/l)	160.23 <sup>a</sup>	115.45 <sup>b</sup>

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes plus ou moins écarts types correspondants, avec un nombre de répétitions n égal à 05 ; mg EAG : milligramme équivalent acide gallique ; UV : ultra-violet ; a, b: Groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

### 4. Discussion :

Le rendement en huile a été calculé en pourcentage par rapport au poids brut de la matière végétale qui a servi pour l'extraction. D'après les résultats le rendement réalisé par le procédé traditionnel à chaud été plus important (3.16%) par rapport au procédé à froid (2.6%). La chaleur semble valoriser plus le niveau d'extraction et de dissolution de l'huile d'olives dans le milieu.

L'acidité libre compte comme étant le principal critère permettant de classer l'huile d'olive en différentes catégories de qualité. Les taux enregistrés n'ont révélé aucune différence significative ( $p > 0.05$ ) entre les huiles d'olives extraites selon les deux procédés d'extractions traditionnelles testés ; à Froid et/ou à Chaud. Conformément à la réglementation COI (Conseil Oléicole International) figurant dans le **Règlement CEE/2568/91 [06]** une huile extra vierge ne doit aucunement dépasser un taux d'acidité supérieur à 0,8% d'acide oléique. Apparemment, toutes les huiles analysées peuvent être donc classées dans la catégorie d'huile d'olive vierge extra. Néanmoins, la légère différence d'acidité plus importante constatée dans l'huile issue du procédé à chaud par comparaison au procédé à froid peut sans doute être incriminée à la dénaturation sous l'action de la chaleur de certains composés constitutifs de l'huile lors de l'extraction dont les acides gras à longue chaîne à l'origine d'une libération probable d'acides gras à courtes chaînes capables par voie de conséquence de rehausser l'acidité du milieu. .

Concernant l'indice de peroxyde qui détermine la quantité d'hydroperoxydes présents dans l'huile d'olives permettant de mesurer l'auto-oxydation des lipides [11], les valeurs enregistrées dans les deux catégories d'huiles étudiées sont inférieures à la norme commerciale dictée par le Conseil Oléicole International [07] de 20 meq d'O<sub>2</sub>/Kg d'huile d'olives. Toutefois, l'huile d'extraction à froid a présenté un fort ( $p < 0.01$ ) indice de peroxyde par rapport à celle issue du procédé à chaud ; 15.30 vs 10.23 mequi O<sub>2</sub>/l, en moyenne. Il est bien établi que l'augmentation de l'indice de peroxyde est étroitement liée à l'activité de la lipoxigénase. Le traitement thermique appliqué lors de l'extraction à chaud semble affecter l'activité de cette enzyme et diminuer l'indice de peroxyde de l'huile [12].

Les extinctions spécifiques d'une huile d'olive à 232 et 270 nm reflètent l'état d'oxydation de l'huile. Le coefficient d'extinction spécifique à 232 nm est lié à l'oxydation primaire de l'huile, tandis que K270 est lié à des produits d'oxydation secondaire comme les composés carbonylés (aldéhydiques et cétoniques). Les échantillons d'huiles étudiés ont présenté tous des coefficients d'extinctions spécifiques en ultra-violet K232 et K270 s'inscrivant bien dans les limites établies par le **Conseil Oléicole International** [07] pour une huile d'olive extra-vierge et qui sont respectivement inférieures ou égales à 2,50 et 0,22. Par ailleurs, les valeurs enregistrées au K232 et au K 270 dans l'huile préparée par le procédé à chaud sont significativement ( $p < 0.01$ ) supérieures à ceux provenant du procédé à froid ; 1.75 vs 1.25 et 0.18 vs 0.13, en moyenne, respectivement. La chaleur appliquée au cours du procédé d'extraction à chaud s'avère favoriser plus la formation de produits d'oxydation primaire et secondaire dans l'huile d'olive.

Pour les principaux pigments caractéristiques de qualité des huiles, pratiquement les deux huiles expérimentales ont présenté des teneurs comparables ( $p > 0.05$ ) en caroténoïdes et en chlorophylles ; 0.56 vs 0.62 et 1.20 vs 1.40 mg/l, en moyenne. La teneur en ces pigments naturels est impliquée dans les mécanismes d'auto-oxydation et de photooxydation [08]. Ils ont tendance à diminuer pendant la maturation des olives. Comme tous les fruits, la maturation implique une perte de pigments ; seulement la réduction en chlorophylles est toujours supérieure à celle des caroténoïdes [13]. Les teneurs en pigments de l'huile dépendent, aussi, de plusieurs autres facteurs, tels que le cultivar, le sol, les conditions climatiques, les procédures de traitement et les conditions de stockage [14 et 15]. Ces pigments agissent en tant qu'antioxydants soit à l'obscurité ou en présence de la lumière et leur présence dans les huiles est très importante et peut rendre les huiles moins vulnérables à l'oxydation [16]. Les résultats trouvés dans cette étude suggèrent que les huiles

conservées dans des flacons en verre fumé sont très stables. Ces propos concordent à ceux rapportés par Caponio et al. [17] ayant constaté après 4 mois de stockage une faible chute des pigments chlorophylliens dans les échantillons d'huiles conservés à l'obscurité.

Les poly-phénols totaux rapportent de nombreux aspects pour la santé, ce sont des composés antioxydants importants qui visent à protéger l'huile contre l'auto-oxydation et les radicaux oxygénés. Ces composés sont responsables de la qualité nutritionnelle et sensorielle de l'huile d'olive vierge extra, ils sont reconnus pour leurs propriétés biologiques multiples, offrant des bienfaits antioxydants, anti-inflammatoires, chimiopréventifs et anticancéreux, ainsi que leur goût piquant et amer caractéristique [18 et 19]. Les huiles étudiées ont montrés des quantités d'acides phénoliques qui ont varié entre 160.23 mg EAG/l pour le procédé à froid et 115.45 mg EAG/l pour celle extraite par le procédé à chaud. En effet, l'huile d'olives extraite à froid s'avère nettement plus riche en phénols totaux que l'huile obtenue par le procédé à chaud. Les variations de ces teneurs observées sont dues à la différence du degré de maturité des olives, mais dépendent également du procédé d'extraction. Les degrés de température appliqués lors de l'extraction ont, ainsi, relativement altéré la concentration en principaux composés phénoliques totaux constitutifs de l'huile.

## 5. Conclusion :

Les résultats obtenus ont montré que l'élaboration des huiles d'olives contribue significativement à une perte en composés phénoliques qui est étroitement dépendante de la procédure d'extraction adoptée. L'analyse quantitative a bien mis en évidence un impact significatif du procédé d'élaboration sur le taux en composés phénoliques des huiles dont les teneurs été supérieures dans le procédé à froid que le procédé à chaud. Les procédés d'élaboration des huiles semble affecter moins, la composition en acide oléique ; composé majoritaire dans les olives fraîches. Les teneurs en acidité libre inférieures à 0,8% d'acide oléique a permis de classer toutes les huiles analysées dans la catégorie d'huile extra vierge. Parallèlement à la perte en composés phénoliques, l'activité antioxydante des extraits d'olives a été modulée par le traitement d'élaboration, et l'ampleur de l'effet s'avère varier selon le procédé, et selon la variété utilisée. Elle est plus affectée, par le procédé d'extraction à chaud qu'en milieu à froid. Le procédé d'élaboration a exercé une moindre influence sur la capacité antioxydante de l'huile d'olive extraite par le procédé à froid que celle élaborée via le procédé à chaud. Néanmoins, aucune différence dans la capacité à décolorer le  $\beta$ -carotène n'a été notée dans les huiles issues des deux modes d'extractions. Au terme de cette étude, il est à noter que le procédé à froid est le mieux adapté pour

l'extraction, ce qui permet de conclure que la chaleur affecte relativement la nature des composantes de l'huile d'olives ; c'est également la plus conservatrice en composés phénoliques.

Ces résultats ne sont que partiels et d'autres travaux s'imposent car les approches adoptées dans les deux procédés technologiques d'extraction traditionnels des huiles restent globales. Il serait alors très intéressant de cibler les principales étapes pouvant engendrer des pertes moindres en composés phénoliques à même de préserver au mieux, la capacité antioxydante des huiles d'olives lors de leurs élaborations. Les efforts doivent être orientés, également, afin de minimiser au mieux les pertes en composants essentiels lipidiques par une optimisation efficace du meilleur procédé d'extraction traditionnel pouvant aboutir à une nouvelle méthode d'élaboration des huiles en Algérie.

## 6. Remerciements

Nos sincères remerciements s'adressent en particulier à Monsieur HOMRANI Abdelkader Professeur à l'université de Mostaganem et véritable instigateur de cette thématique de recherche. Notre profonde gratitude s'adresse aussi à Madame AIT-CHABANE Fadila, doctorante à l'Université de Béjaïa pour toutes les aides et orientations précieuses prodiguées à la réalisation des analyses physicochimiques des huiles d'olives; merci vivement.

## Références :

- [01] Peres C., Peres C. M., Moreira L., Alves M., Maricato J., Xavier Malcata F. 2013. Table olives: A natural source of health-promoting bioactive nutrients and probiotics. *Options Méditerranéennes*, 106: 171- 177.
- [02] Charoenprasert S and Mitchell A. 2012. Factors influencing phenolic compounds in table olives (*Olea europaea*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60: 7081-7095.
- [03] ONAGRI. 2020. Le marché de l'huile d'olive au niveau national et mondial et mécanismes de régulation. Observatoire National de l'Agriculture (ONAGRI), le 3 février 2020., p : 6.
- [04] FAOSTAT., 2013. Site web : <http://faostat.fao.org/>.
- [05] Mendil M. et Sebai A., 2006. Catalogue des variétés algériennes de l'olivier. Ed. ONFO et ITAF, Alger., p : 97.
- [06] Règlement CEE/2568/91 2008. Caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférentes. Commission du 11 juillet 1991 :1991R2568 — JO-FR — 01.01.2008 — 021.001., p :113.
- [07] Conseil Oléicole International 2011. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. T. 15/NC n° 3/Rév., p :6.
- [08] Minguez-Mosquera M.I, Rejano L, Gandul B, Sanchez A.H, Garrido J.1991. Color pigment correlation in virgin olive oil. *American Oil Chemists' Society*, 68: 332-336.
- [09] Pirisi F.M., Cabras P., Falqui Cao C., Migliorini M. and Suggelli M. 2000. Phenolic compounds in virgin olive oil. 2. Reappraisal of the extraction, HPLC separation, and

quantification procedures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 : 1191-1196.

[10] Favati F, Caporale G and Bertuccioli, M. 1994. Rapid determination of phenol content in extra virgin olive oil. *Grasas y Aceites*, 45: 68-70.

[11] Haddada FM, Krichène D, Manai H, Oueslati I, Daoud D, Zarrouk M. 2008. Analytical evaluation of six monovarietal virgin olive oils from Northern Tunisia. *J. Lipid Sci Technol*, 110 : 905-913.

[12] Baccouri O, Guerfel M, Baccouri B and Cerretani L. 2008. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*, 109: 743-754.

[13] Roca M and Minguez-Mosquera M.I. 2001. Change in the natural ratio between chlorophylls and carotenoids in olive fruit during pro-cessing for virgin olive oil. *American Oil Chemists' Society*, 78 (2): 133-138.

[14] Ait Yacine Z. 2001. Etude des facteurs déterminant la meilleure période de récolte des olives (var. Picholine marocaines) Destinées à la trituration dans le TADLA. Thèse de Doctorat d'état ès-Sciences, Université Mohamed I, Faculté des Sciences, Oujda, p : 106.

[15] Psomiadou E, Tsimidou M. 2001. Pigments in Greek virgin olive oils: occurrence and levels. *Science of Food and Agriculture*, 81(7):640-647.

[16] Malheiro R, Casal S, Teixeira H, Bento A, Pereira JA. 2013. Effect of Olive Leaves Addition during the Extraction Process of Overmature Fruits on Olive Oil Quality. *Food Bioprocess Tech*, 6: 509-521.

[17] Caponio F, Pasqualone A and Gomes T. 2005. Changes in the fatty acid composition of vegetable oils in model dough's submitted to conventional or microwave heating. *International Journal of Food Science and Technology*, 38 (4): 481-486.

[18] Bendini A, Cerretani L, Carrasco-Pancorbo A, Gómez-Caravaca A.M, Segura Carretero A, Fernández-Gutiérrez A and Lercker G. 2007. Phenolic molecules in virgin olive oils: a survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods. An overview of the last decade. *Molecules*, 12: 1679-1719.

[19] Tanouti K, Serghini-Caid H, Chaieb E, Benali A, Harkous M, Elamrani A. 2011. Qualitative improvement of olive oils produced in eastern Morocco. *Laboratory technologies*, 6 (22) :1-12.



**REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Sciences techniques**

ISSN : 2661-7064  
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



**Controlled reproduction test of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell.1822) in captivity, at the Saharan hatchery of Ouargla.**

Bachir Bouiadjra Benabdallah<sup>1,2</sup>, Behmene Ibrahim elkhilil <sup>1,2\*</sup>, Aissaoui Chadli<sup>3</sup> Hamidat Mohammed<sup>4</sup>, Homrani Abdelkader<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of Sciences and Technics of Animal Production (LSTAP), Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, Algeria

<sup>2</sup> Department of Marine Science and Aquaculture, Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, Algeria.

<sup>3</sup> Department of Agricultural Sciences, Chadli Benjedid El Taref University.

<sup>4</sup> Aquaculture Development Saharan stations located at Hassi Benabdelah –Department of Ouargla (CNRDPA).

Informations	Abstract
<p><b>Keywords :</b>                      Reproduction,                      Ovaprim,                      Fish,                      Ouargla,                      Captivity.</p> <p><b>*Correspondance :</b>                      ibrahim.behmene@univ-mosta.dz</p>	<p>The objective of the study is to master artificial reproductive techniques, in the simulation of ovulation and the response to spawning of the African catfish <i>Clarias gariepinus</i> at the Saharan hatchery of Ouargla for the selected species using the hormone «ovaprim» at different doses as an inducing agent. For this purpose, two mature females and two males weighing from 0.8kg to 2.3 kg were selected for two different doses of hormonal injection. Females (T1) and (T2) received a single dose of 0.4 and 0.5 mL Ovaprim /kg body weight, respectively. After 9.5 and 10.37 h of latency time, the females were individually (stripping) in dry plastic containers, and pre-weighed to record the weight of the recovered egg. The ovulation rate was observed at (100%) in both hormone injection doses. Reproductive performance is evaluated on the basis of total egg mass, pseudo-gonad somatic index (PGSI %), latency time, fertilization rate, and hatching time are examined on the basis of the two administered doses. The results indicate that the total weight of skinned eggs is higher in individuals who received 0.4 ml of Ovaprim/kg body weight, compared to those who received higher doses. The average weight of eggs collected is estimated at T1=152.2 g, and T2 = 97.4 g.</p> <p>The highest percentage of pseudo-gonad somatic index (PGSI %) (11%), the highest fertilization rate 85.56 ± 3.7 %, the shortest latency time 9:50 min and hatching time 18:30 h were recorded in subjects who received 0, 4 ml Ovaprim/kg body weight. As a result, our results indicate that Ovaprim at a dose of 0.4 ml/kg body weight may be used as the optimal reproductive dose appropriate for <i>C. gariepinus</i>.</p>

**1. Introduction**

Aquaculture is a for-profit business. In addition to inputs, the quality and quantity of fish produced are determinants of the company's profitability.

The African catfish, *Clarias gariepinus*, is the most sought-after farmed fish species in Africa, commercially farmed using expensive synthetic hormones, one of which is Ovaprim.

The objective is to master the artificial reproduction technique, in the simulation of ovulation and the

response to spawning of the African catfish *C. gariepinus* using the hormone «ovaprim» at different doses as an inducing agent.

**2. Materials and methods**

**2.1. Presentation of the study environment**

The experiment took place in June 2018, at the Aquaculture Development Saharan Station, which is located 820 km south of the capital in the commune of Hassi ben Abdallah 25 km from the chief town of the willaya of Ouargla (Fig. 1).

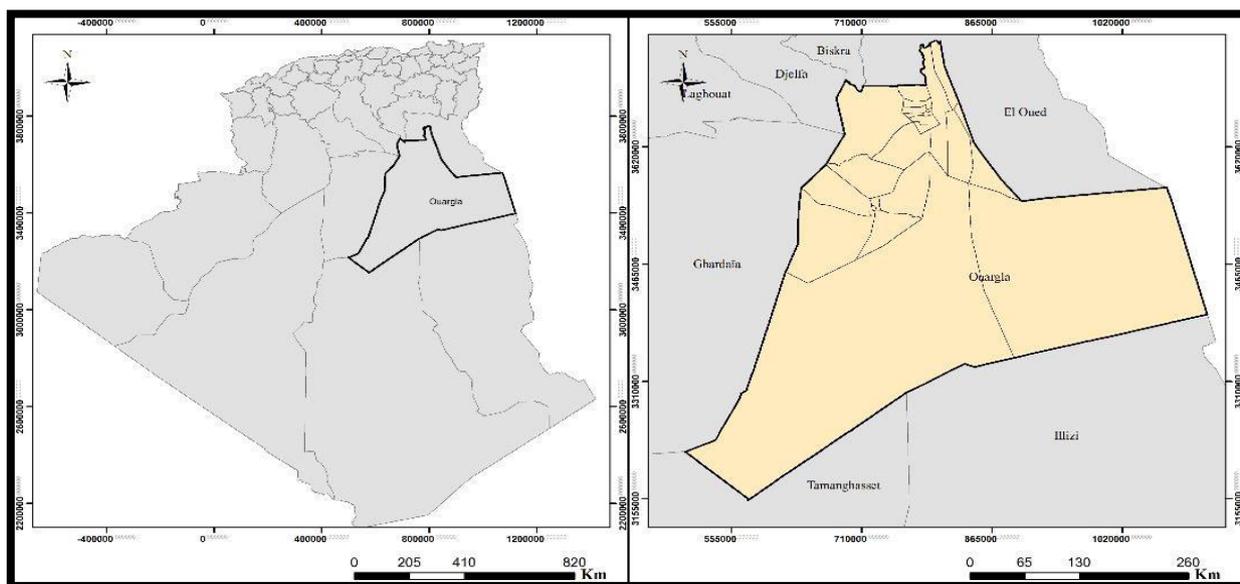


Fig. 1. Geographical location of Ouargla (BEHMENE ,2020)

Table 4: Hormonal treatment of broodstocks

N°	broodstocks	Number of individuals	The hormone used	Injections (ml / kg)	Body weight (g)	Total dose of hormone (ml)	Length (cm)
T1	female	1	Ovaprim	0.4	1294.5	0.52	59
T2	female	1	Ovaprim	0.5	1152	0.58	54
T3	male	1	Ovaprim	0.25	2225	0.56	/
T4	male	1	hormone-free	0	823.3	0	53

T\*: Hormonal treatment of genitures.

2.2. Selection of broodstocks

African catfish *Clarias gariepinus* are used, live and healthy during the breeding season (May-June). They were identified on the basis of their external morphological characteristics (Fig. 2).



Fig. 2. A female (left) ; male (right) individual of *C. gariepinus* (Burchell, 1822) (BEHMENE ,2020)

2.3 Management of broodstocks

The selected broodstock were disinfected with 0.15 ml/10 L formaldehyde and potassium

permanganate for 6 hours, and fed into circular housing ponds for 48 hours without feed.

2.4 Synthetic hormones (Ovaprim)

Ovaprim is a commercial product that contains 10mg/ml of a gonadotropin releasing hormone from salmon (GnRHa).

2.5 Experimental design

For each dose of ovaprim hormone, (01) a single selection test was conducted to determine the response to spawning. A total of two females and two males were used in this study. Injection doses are shown in (Tab. 4):

To stimulate female ovulation, females were weighed individually. Ovaprim was injected at a dose of 0.4 ml for the female (T1) and 0.5 ml/kg for the female (T2) according to Legender , 1986; Madu, 1989). The Females of each treatment were kept

separately. To stimulate spermiation, the hormone Ovaprim was injected for a dose of (0.25 ml/kg) for the male progenitor (T3) but the male progenitor (T4) without hormonal injection.

All hormones were administered intramuscularly over the lateral line to the dorsal section and directed to the ventral surface. The dose of ovaprim depends on the weight of the broodstock. (Nwokoye et al., 2007).

**2.6 Hormone injection for broodstock**

The injection is made in the evening at 23:30 h and the fish are kept in the pond in aerated stall until the end of the experiment.

**2.7 Housing**

The injected female is kept alone in water with a temperature of 28°C. To determine latency using the degree hour formula, corresponding to 300 (Monsengo, 2017).

**2.8 Harvest of Milking**

The males were sacrificed and the testicles were removed, macerated and pressed in a saline physiological solution (NaCl 0.9%) at the rate of 1 g of testis per 5 ml of saline solution. Kept in refrigerator (5°C) until used for fertilization (Phelps et al. 2007).

**2.9 Manual stripping of eggs**

After the positive reaction of the female to the injection, the eggs are easily released from the genital papilla. To extract the eggs, the female was carefully removed using a dip net and carefully held by two people with wet wipes and then a soft press was made at the flanks until the first drops of blood appeared.

**2.10 Fertilization of eggs**

The eggs released by the female are fertilized by uniform sprinkling of drops from freshly dissected testicles. Total eggs were fertilized with 2.5 ml of sperm suspension per 100 g of eggs. A 0.9% saline solution (Na Cl) (Woynarovich and Horvath, 1981) was added, causing mild sperm movement, activating fertilization. After 45 seconds to a minute, no further fertilization will take place as the sperm are no longer mobile. To activate the sperm, a small amount of clean water was immediately added to the container equal in volume to the eggs.

**2.11 Incubation of fertilized eggs**

Immediately after fertilization, the eggs are spread in a single layer on the incubation frames (0.5 mm mesh) immersed in water (Fig. 3).



**Fig. 3.** 100 L incubation aquariums

The incubation is carried out in well aerated water in six (06) aquarium filled with 100 liters of water, the water level in the tank is adjusted with the position of the springboard (Table 5).

**Table 5:** Distribution of aquariums by injected dose

Aquariums	Dose of 0.5 ml/l			Dose of 0.4 ml/l		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Number of eggs	50g	25g	20g	50g	50g	50g

A\*: Aquarium

The water flows slowly, incubating in an open circuit system to obtain a well-oxygenated medium and not disturb the eggs. Incubated eggs are kept in six separate aquariums with a water temperature of 28°C. After 24 hours of incubation, the nylon fillet is removed. Egg incubation is carried out according to the method described by Brzuska and Adamek (1999), after hatching the embryos penetrate through the hatching dish nets and gather in the corner of the aquariums as to the shells of dead eggs, and deformed embryos, they stay on the surface.

**2.13. Reproduction performance parameters**

The analysis of reproductive performance induced *Clarias gariepinus* in our case concerns only four (04) parameters, namely: ovulation rate (%), latency time (heurs), pseudo-gonado-somatic index (PGSI %), and fertilization rate (%).

**2.13.1. Ovulation Rate**

$$\text{Ovulation rate (\%)} = \frac{\text{Number of ovulated females} * 100}{\text{Number of injected females}}$$

**2.13.2. Latency Time (h)**

Latency time (h): this is the period from injection to ovulation.

**2.13.3. Pseudo-gonado-somatic index (PGSI%):**

$$\text{pseudo - gonado - somatic index (PGSI\%)} = \frac{\text{total weight of eggs}}{\text{total weight before stripping}} * 100$$

The aim of this index is to evaluate the production of eggs induced by the hormone at different doses.

**2.13.4. Fertility rate**

The fertilization rate is calculated by random sampling by examining three samples from each incubation basin. Fertilized eggs counted to calculate the percentage of fecundity.

$$Fertility\ rate = \frac{No.\ of\ fertilized\ eggs}{Egg\ Sample\ Number} * 100$$

(Alam et al. 2006).

Fertilization rates from the two ovaprim doses used (0.4 and 0.5 ml/kg) are compared with the use of the reduced gap (t) test at the 0.05 significance rate using the following formula (Lamotte ,1971).

$$t = \frac{|q1-q2|}{\sqrt{Qe(1-Qe)(\frac{1}{n1}+\frac{1}{n2})}}\ Avec\ Qe = \frac{n1q1+n2q2}{n1+n2}$$

The calculations are performed by programming under Excel 2016.

**3. Results and discussion**

**3.1. Selection of spawners**

The successful breeding choice is confirmed by certain criteria in particular: a protruding urogenital papilla, a good dilatation of the abdomen emitting a few ovules under a slight pressure in the female and a good corpulence in the male.

**3.2. Selection of broodstock**

The diameter of each oocyte was measured with a binocular magnifier, where 90% of the oocytes were found to have a diameter greater than 1.05 mm. The mature ovaries are brown-green and generally uniform in size (Ayinla et al., 1994).

**3.3. Collection of testicles and semen**

After dissection of the sacrificed male, the identification of the testicles is done what allowed to recover a quantity of sperm of (1ml), although this sire received a hormonal injection (Table. 6).

**Table 6:** Amount of Semen by Dose

treatment	Hormone dose (ml/kg)	Weight (g)	Amount of semen (ml)
T3	0.25	2225	1
T4	hormone-free	823.3	4

T\*: Hormonal treatment of genitures.

As a result of these results (Table. 3), another male (T4) reared at the experimental station was sacrificed, and the amount of semen collected was (4 ml) although its weight was less than the spawner (T3) and received no hormonal dose . Hogendoorn (in Janssen, 1985) estimated that one

ml of milk is sufficient to fertilize 50 kg of eggs. The use of hormones can produce poor results if the progenitors are not well conditioned. Under such conditions, partial or no egg-laying may occur and others may not respond to hormonal treatment even if they are in relatively good condition (Piper et al., 1982).

**3.4. Ovulation rate**

The percentage of ovulation is 100% in terms of ovulation quality; it is obvious that Ovaprim is more effective in ovulation induction in *C. gariepinus* (Table. 4).

**3.5. Number of eggs**

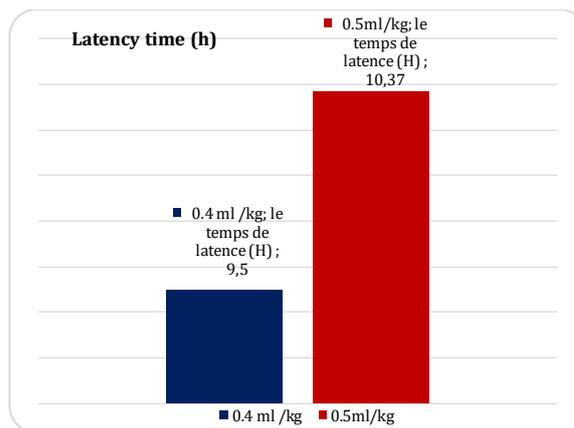
In our 1g sample of eggs, 650 to 680 eggs are present, which is consistent with the results reported by (Janssen, 1985). The total number of eggs for the 0.4 ml/kg dose is 98,930 eggs and for the 0.5 ml/kg dose is in the order of 63,310 eggs (Table. 7).

**Table 7:** Results of artificial reproduction as a function of hormonal doses

treatment	Hormone dose (ml/kg)	Quantity of eggs (g)	Ovulation rate (%)	Latency time (h).	No. of eggs
T(1)	0.4	152.2	100	9h et 50 min	98 930
T(2)	0.5	97,4	100	10h et 35min	63 310

**3.6. Latency time:**

The latency time (Fig. 4) is 9 h 50 minutes, which is lower in the subject who received a dose of 0.4ml/kg. The maturation of the eggs in the ovary requires water absorption and swelling of the female's belly during ovulation.



**Fig.4.** Latency time versus time

**3.7. Pseudo-gonadosomatic index (%)**

The purpose of this index is to assess hormone-induced egg production at different doses. In (Fig.5), the percentage of eggs obtained by manual extraction is 11% of the body weight of the female who received a hormone dose of 0.4 ml/kg and

8.45% for the hormone dose of 0.5 ml/kg. Janssen (1985) argues that the amount of eggs obtained represents 10 to 15 per cent of the body weight of females (March-October). From November to February a relative fertility rate of 5-10% is obtained. Indeed, the results indicate that the total weight of stripped eggs is higher in females with a hormonal dose of 0.4 ml, compared to those with higher doses. These results are similar to the work of (kasi, 2015) in Malaysia on the same doses of the hormone ovaprim and for the same species.

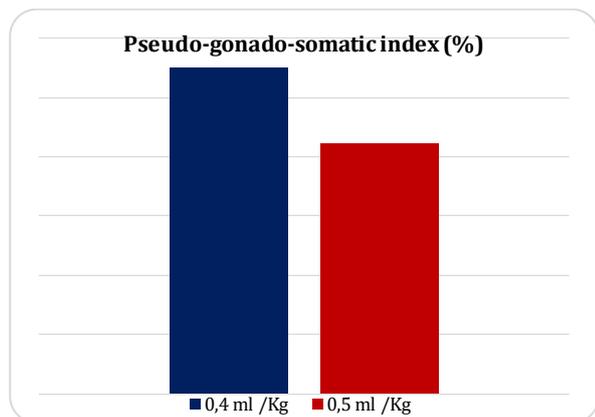


Fig. 5. Pseudo-gonado-somatic index results (%)

### 3.8. Fertility rate (%)

The rate of fertilization is of the order of 85.56 and 77.11% (Table .5) in injected females at the respective doses of 0.4 and 0.5 ml/kg of ovaprim. The comparison of the two rates, by the reduced gap test (t) (Table .8), shows a significant difference between the fertility rates from the two different ovaprim doses used at a safety rate of 95 %, indicating a higher fertilisation rate in females injected at 0.4 ml/kg compared to those injected at 0.5 ml/kg. This translates that the use of a dose of 0.4 ml/kg of ovaprim, provides an optimum and economical fertilization rate for an aquaculturist interested in the production of fry of *C.gariepinus* on a large scale that the use of a dose of 0.5 ml/kg. Because ovaprim is expensive.

Table 8: Comparison of the two fertility rates

Ovaprim dose (ml/kg)	Fertilization rate (%)	t observed	t theoretical
0.4	77,11 ± 0,039	3,25	1,96
0.5	85,56 ± 0,032		

Kather Haniffa and Sridhar (2002) reported (70%) fertilization rates in *Heteropneustes fossilis* (Clariidae) also treated with the synthetic hormone Ovaprim at a dose of 0.3 ml/kg body weight. Variation in the rate of fertilization can be attributed to the varied quality of eggs and semen, physiological difference in brood stock, seasonal variation and difference in hormonal dosage (Gheyas et al., 2002; Kather Haniffa and sridhar , 2002; Nwokoye et al., 2007). According to kasi et al., (2015) the highest percentages of fertilization rate

see 97.88% were also recorded in females who received 0.4 ml of ovaprim compared to those who received higher doses.

### 3.9. Duration of hatching

The hatch time recorded in this study is 42h for induced aquariums with 0.5ml/kg and 44 hours for aquariums injected by 0.4 ml/kg (Table .9).

Table 9: Duration of Hatching as a Function of Hormone Doses

Aquariums A1 /A2/A3 (0.5 ml/kg)	Aquariums A3/A4/A5 (0.4ml/kg)
18.5 h	20h

The time of outbreaks recorded in our case differs from that of (Haniffa et al.,2000) which indicates an outbreak time of 39 to 43 hours for *C. gariepinus* treated with pituitary gland, 23 hours for Ovaprim-induced eggs and 36-38 hours for HCG-induced eggs at an average temperature of 25± 0.3°C.

The hatching rate was not estimated due to massive egg mortalities in aquariums containing poor quality water that infiltrated the livestock system. The low incubation rate of eggs would be attributed to exposure and fungal infection of eggs, as the amount of dead eggs provides a nutritional basis for fungal growth (Tucker and Robinson, 1990). Other disturbances in hatching rates are due to fluctuations in water temperature and egg hatching times (Piper et al., 1982).

The relationship between incubation period duration and light intensity is well advanced by (Prokesova, 2016). Eggs incubated in the dark take about 25% more (6 h) to hatch compared to those with the highest light intensity. Lighting can increase the frequency of muscle contractions of the embryo, with more frequent movements leading to earlier rupture of the chorionic membrane. Therefore, it is recommended to the CNRDPA of Ouargla to use light intensities of 70 to 500 Lx rather than total darkness, because they can facilitate the work of operators and minimizing electricity costs.

### 4. Conclusion

Through this study and taking into account the pressing needs of Alevins for the development of aquaculture in the Saharan region, the results advanced in this study concerning in particular the use of an optimal dose of ovaprim of 0,4 ml/ kg, are promising and could serve as a baseline for future experiments conducted at the experimental station of Ouargla for the controlled reproduction of the catfish *C. gariepinus*. The analysis of the induced reproductive performance through four selected parameters, ovulation rate, latency time, pseudo-gonado-somatic index, and fertilization rate are encouraging. However, it is recommended to follow

carefully the rearing circuit conducted in an open system, to adopt light intensities of 70 to 500 Lx in the experimental phase only in total darkness, and to ensure water supply to aquariums to avoid fungal attacks on eggs that affect the evidence of successful induced reproduction.

### Acknowledgement

The Authors thank the Directorate-General for Scientific Research and Technological Development of Algeria for its support and encouragement of University Research and Training Projects[PRFU/D00L03UN270120180001].The National Centre for Research and Development of Fisheries and aquaculture (CNRDPA) is supports the programme.

### References :

- [1] Legendre, M. 1986. Seasonal changes in sexual maturity and fecundity and HCG-induced breeding of the catfish *Heterobranchus longifilis* Val. (*Clariidae*) reared in Ebrien lagoon (Ivory Coast). *Aquaculture*. 55, 201-213.
- [2] Madu, C.T. 1989. Hatchery management of the mudfish, *Clarias anguillaris* (L). Ph.D Thesis, University of Jos, Jos, Nigeria. 218p.
- [3] Nwokoye, C.O., Nwuba, L.A., Eyo, J.E., 2007. Induced propagation of African clariid catfish, *Heterobranchus bidorsalis* (Geoffrey Saint Hillarie, 1809) using synthetic and homoplastic hormones. *Afr. J. Biotechnol.* 6 (23), 2687-2693.
- [4] Monsengo, M. F., Ngalya , B N., Shabani, E. I., Kankonda, B. A.,(2017). Reproduction induite chez les silures de l'espèce *Clarias gariepinus* dans la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. *Innovative Space of Scientific Research Journals*. 30 , 65-74.
- [5] Phelps, R.P., Hastey, R., Pendetar, A., Linley, L., Papanikos, N., Dunham, R.A., 2007. Effects of temperature on the induced spawning of channel catfish and the production of channel \_ blue catfish hybrid fry. *Aquaculture* 273 (1), 80-86.
- [6] Woynarovich, E. and L. Horvath., 1981. La reproduction artificielle des poissons en eau chaude: Manuel de vulgarisation, FAO, *Doc. Tech. Pêche*, 201, 191p.
- [7] Brzuska, E., Adamek, J., 1999. Artificial spawning of European catfish, *Silurus glanis* L.: stimulation of ovulation using LHRH-a, Ovaprim and carp pituitary extract. *Aquacult. Res.* 30 (1), 59-64.
- [8] Alam, M.J., Begum, M., Islam, M.A. and Pal, H.K., 2006. Spawning behaviour and induced breeding of an estuarine catfish, *Mystus gulio* (Ham.). *Bangladesh Journal of Fisheries Research*, 10(2), 101-109.
- [9] Lamotte, M., 1971. Initiation aux méthodes statistiques en biologie. Masson et Cie Ed. 2<sup>ème</sup>ed. 3<sup>ème</sup> tirage, paris : 144p.
- [10] Ayinla, O.A., Kayode, O., Idoniboye-Obu, T.I.E., Oresegun, A., Adindu, V.E., 1994. Use of tadpole meal as a substitute for fishmeal in the diet of *Heterobranchus bidorsalis* (Geoffrey St. Hillaire, 1809). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 9(1), 25-33.
- [11] Janssen J., 1985. Elevage du poisson-chat Africain *Clarias lazera* (Cuv. & Val., 1840) en République Centrafricaine. FAO. Document technique n°20, FAO Rome: 37P.
- [12] Piper, R. G. Mc., Elwain, I. B., Ormer, L. E., McCraren, J. P., Fowler, L. G., Leonad, J. R., 1982. Fish Hatchery Management. Washinton, DC: Department of the Interior US Fish and Wildlife Service.
- [13] Kasi, M., Nirmell, S., Aminur Rahman, M., Arshad, A., Gokul Raj, M. and Arockiaraj, J., 2015. Induced ovulation and spawning of African catfish *Clarias gariepinus* (Bloch) using ovaprim. *Journal of Environment & Biotechnology Research*, 1(1), 2-9.
- [14] Kather Haniffa, M.A. and Sridhar, S., 2002. Induced spawning of spotted murrel (*Channapunctatus*) and catfish (*Heteropneustes fossilis*) using human chorionic gonadotropin and synthetic hormone (ovaprim). *Veterinarski arhiv*, 72(1), 51-56.
- [15] Gheyas, A.A., Islam, M.S., Mollah, M.F.A. and Hussain, M.G., 2002. A comparative study on the embryonic development of gynogen, triploid, haploid and normal diploid embryos of stinging catfish, *Heteropneustes fossilis*. *Bangladesh Journal of Fisheries Research*, 6(2), 107-115.
- [16] Haniffa, M.A., Merlin, T. and Shaik, M., 2000. Induced spawning of the striped murrel *Channa striata* using pituitary extracts, human chorionic gonadotropin, luteinizing hormone releasing hormone analogue, and ovaprim®. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 30(1), 53-60.
- [17] Tucker, C.S. and Robinson, E.H. (1990). Channel Catfish Farming Book. Van Nostrand Reinhold: New York, New York.
- [18] Prokešová, M., Stejskal, V., Matoušek, J., Kouřil, J. and Baras, E., 2017. Effect of light intensity on early ontogeny of African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). *Aquaculture Research*, 48(1), 347-355. doi:10.1111/are.13116.



**REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Sciences techniques**

ISSN : 2661-7064  
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



**La caroube : valorisation et utilisation industrielle**

Benabdelmoumene Djilali<sup>1</sup>, Bouhrem Ilyes<sup>1</sup>, Ghelamallah Amine<sup>2</sup>, Homrani Mounia<sup>3</sup>, Dahmouni Saïd<sup>1</sup>, Bengharbi Zineb<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Laboratoire de Physiologie Animale Appliquée, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem Algérie

<sup>2</sup> Laboratoire de Protection des Végétaux, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem Algérie

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem Algérie.

Informations	Abstract
<p><b>Mots clés :</b>                      Caroube,                      Farine de blé,                      Viande,                      Rhéologie,                      Pouvoir antioxydant.</p> <p><b>*Correspondance :</b>                      benabdelmoumenedjilali@hotmail.com</p>	<p>L'objectif de ce travail est de valoriser la caroube selon deux perspectives différentes, la première consiste à connaître le comportement rhéologique de la farine de blé enrichie en poudre de caroube (1%, 2% et 3%). La deuxième consiste à mesurer et à analyser le pouvoir antioxydant de la poudre de caroube sur une viande ovine. Cette étude a confirmé que la poudre de caroube possède un important pouvoir antioxydant. En revanche, la substitution de la farine de blé par une concentration de 1% de poudre de caroube n'affecte pas le comportement rhéologique de la farine. En effet, il optimise les paramètres physicochimiques de la farine (P/L) et la force Boulanger.</p>

**1. Introduction**

La caroube est l'une des cultures fruitières les plus importées des pays méditerranéens. Leurs productions et consommations ont considérablement augmenté ces dernières années. Elles sont largement utilisées dans la fabrication des jus cuits « pekmez » et de boissons en poudre. L'utilisation du fruit entier dans la consommation humaine est limitée, cependant, en raison du niveau élevé de tanins qui en résulte l'astringence (Bate-Smith, 1973 ; Karkacier et Artık, 1995).

La valorisation de ce genre de produit agricole dans l'alimentation animale fournit de nouvelles matières premières à bas prix pour les animaux d'élevage (Guemouret *et al.*, 2010).

L'incorporation de farine de caroube dans l'alimentation du lapin a montré une bonne fermentation au niveau du caecum en raison de sa forte teneur en fibres solubles avec un effet positif sur l'état de santé après le sevrage (Guenaoui *et al.*, 2019).

La pulpe est le constituant principal de la gousse de caroube (90%), mais actuellement seules les graines (10%) sont utilisées industriellement pour l'extraction de la gomme de caroube. La pulpe de caroube est reconnue comme une bonne

source d'ingrédients bioactifs, tels que des composés phénoliques, dont certains présentent des activités antioxydantes (Makris et Kefalas 2004 ; Sebai *et al.* 2013) et antiprolifératives (Corsi *et al.* 2002).

La caroube en possédant des propriétés technologiques cruciales pourra solutionner plusieurs dilemmes liés à des contraintes économiques et technologiques dans le secteur agroalimentaire.

C'est à partir de ceci que l'objectif majeur du présent travail est tissé sur la valorisation de la Caroube pour rendre ce dernier une ressource noble pour l'industrie alimentaire. La vision de l'étude a été projetée à travers deux perspectives différentes, la première est basée sur l'importante fraction protéique de la caroube notamment les albumines. De ce fait, le premier objectif de l'étude était de substituer la farine de blé par différents pourcentages de poudre de la caroube. Ce qui engendre une réduction à la fois des charges économiques d'un produit de large consommation (blé tendre) et du gluten.

Le deuxième objectif était de mettre en œuvre l'activité antioxydante des phénols de la caroube comme un antioxydant naturel pour la conservation de la viande ovine ; un produit qui est

considéré comme une source importante sur le plan nutritionnel du fait de sa teneur en protéines (Sayd et al., 2014), en vitamines (Duchene et al., 2016), et sa teneur en lipides raisonnable (Geay et al., 2002).

Par ailleurs, l'industrie des produits carnés emploie des antioxydants synthétiques pour prolonger la durée de conservation des viandes à titre d'exemple les hydroxy-anisole butylé (BHA), butylé l'hydroxytoluène (BHT) et le gallate de propyle (PG). Avec la submersion des effets nocifs de ces derniers sur la santé du consommateur, la demande d'emploi des antioxydants naturels augmente (Lorenzo et al., 2018).

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1 Matériels

#### 2.1.1 Préparation des échantillons

Des gousses matures de caroubier (*Ceratonia Siliqua* L) ont été récoltées de populations sélectionnées de caroubier au niveau de la région de Guelma-Algérie. Ces gousses ont subi un broyage en entier, puis conservées à l'abri de la lumière pour des analyses et des préparations ultérieures.

La viande ovine (*Logissimus Dorsi*) collectée de la boucherie d'un marché de la région de Mostaganem-Algérie et puis hachée dans un hachoir électrodomestique.

En premier lieu, on vise à mesurer l'aptitude nutritionnelle et technologique à la transformation industrielle et/ou artisanale de la caroube, cette mesure est réalisée par dosage des métabolites primaires et secondaires. En second lieu, la poudre issue du broyage entier de la caroube est mélangée avec la farine de blé tendre à des proportions de 1%, 2% et 3%. En dernier lieu, des concentrations de 5% 10% et 15% de la poudre de la caroube sont appliquées sur une viande hachée du gigot afin de mesurer l'indice de fraîcheur progressivement dans des intervalles de temps de 1h, 2h et 4h.

### 2.2 Méthodes

#### 2.2.1 Détermination de la matière sèche

Une dessiccation de 1g de poudre de caroube est réalisée dans une étuve aux températures de 100°C à 105°C, sous la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placés dans un dessiccateur.

#### 2.2.2 Détermination de la teneur en matière minérale

Une incinération de 2g de poudre de caroube au four à moufle, dans des creusets en porcelaine, à une température de 900°C est effectuée. L'opération

ne sera terminée que lorsque la couleur des résidus deviendra blanc grisâtre, qui se transformera en une couleur blanche après refroidissement.

#### 2.2.3 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau du noyau est déterminée par la méthode « NF T 60-305, juin (1976) » normalisée, décrite par AFNOR (1982) et qui consiste en un étuvage de la poudre de caroube à raison d'un gramme à 105± 05°C pendant 24 heures.

#### 2.2.4 Dosage des protéines

Le principe est basé sur la minéralisation de la matière organique par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, suivi d'une alcalinisation des produits de la réaction puis d'une distillation et d'un titrage de l'ammoniac libéré (Kjeldahl, 1883).

L'azote Kjeldahl de l'échantillon est d'abord transformé en ammoniac par digestion acide dans un batch de minéralisation. L'addition d'une base forte permet de libérer l'ammoniac qui est alors entraîné par de la vapeur d'eau puis ensuite piégé dans une solution d'acide borique. L'ammoniac est alors dosé par une solution d'acide sulfurique de titre connu. Le point d'équivalence est repéré par le changement de coloration d'un indicateur. La teneur en protéines brutes du produit est obtenue en multipliant la valeur obtenue lors de la détermination de la teneur en azote par le facteur 6,25.

#### 2.2.5 Détermination de la teneur en matière grasse

L'extraction par solvant organique (Hexane), spécifique pour la détermination du taux de la matière grasse est réalisée avec un appareil de type Soxhlet. À la fin de l'extraction, on peut admettre que toute la matière grasse est transférée dans le solvant.

#### 2.2.6 Dosage des Phénols totaux

Une prise d'essai de 0.25 g de poudre de caroube est macérée dans 100 ml du mélange acétone/eau (70 % v/v) pendant 90 minutes, à température ambiante. Adaptée par Benchikh et al. (2014) les composés phénoliques totaux (TPC) des extraits ont été évalués par la méthode de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965).

#### 2.2.7 Détermination de l'indice de peroxydation

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultant de l'oxydation des AGPI (acides gras polyinsaturés) à longue chaîne. La

concentration des substances réactives au TBA (sr-TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraite des échantillons de viande par l'acide trichloracétique (TCA).

### 2.2.8 Analyse alvéographique

Une préparation de pâte à teneur d'eau constante (farine de blé et eau salée) enrichie avec de la poudre de la caroube. C'est la formation d'éprouvettes à une épaisseur de pâte bien déterminée. Il s'agit d'une extension biaxiale, par gonflement sous forme de bulle, des éprouvettes de pâte laminées. L'enregistrement graphique des variations de pression à l'intérieur de la bulle en fonction du temps, l'appréciation des caractéristiques de la pâte et la surface des alvéogrammes obtenus sont lus directement par l'appareil : ils sont calculés à partir des cinq courbes obtenues. L'analyse est faite au sein du laboratoire d'une meunerie de la région de Mostaganem-Algérie.

### 2.3 Analyse statistique des résultats

Les données recueillies dans ce plan entièrement randomisé ont été soumises à une analyse de la variance (SAS Institute, 2008) et les moyennes de traitement ont été séparées à l'aide du test de plage multiple de Duncan. Des contrastes à un seul degré de liberté ont été utilisés pour tester les effets globaux de la substitution. Le niveau auquel les différences étaient considérées comme significatives était  $p < 0,05$ .

## 3 .Résultats et discussion

### 3.1 Métabolites primaires et secondaires

Les résultats de la composition chimique en métabolites primaires et secondaires de la caroube sont illustrés dans le tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1** : Composition chimique en métabolites primaires et secondaires de la caroube

Composition chimique en Métabolites primaires	Quantité en (%)
Humidité	14,76 ± 0,27
Matière minérale	2,45 ± 0,16
Matière sèche	85,23 ± 0,27
Protéine brute	8,60 ± 0,25
Lipide brut	4,48 ± 0,24
Composition chimique en métabolites secondaires	Mg/g MS
Phénols totaux (CPT)	2,60 ± 0,21

D'après nos résultats (Tableau 1), la quantité d'eau présente dans le fruit est estimée à 14%. Ces résultats sont proches de ceux de Yousif Alghzawi, (2000). Tandis que ceux de Kamal Youssef et al, (2013) sont inférieures aux nôtres. Ces auteurs expliquent cette différence par l'influence des facteurs pédo-climatiques, de la variété du caroubier

et des préalables de l'analyse (intervalle de temps entre la récolte et l'affectation des analyses).

### 3.1.2 Lipides

La teneur en lipides (Tableau 1) est légèrement supérieure par rapport à celle trouvée par Kamal Youssef et al. (2013) qui comprenait seulement la poudre de la pulpe de la caroube alors que la graine renferme la proportion la plus importante en lipides.

### 3.1.3 Matière minérale

La teneur en matières minérales de la caroube (Tableau 1) s'accorde à celle de Kamal Youssef et al, (2013), ces teneurs s'expliquent par la provenance géographique des échantillons, notamment les conditions climatiques et les caractères édaphiques des sols. Selon Kamal et al, (2013), le soufre prédomine avec 17 577,80 mg/Kg suivis par le phosphore en quantité de 2255,21 mg/Kg, le calcium avec 22 123 mg/Kg ainsi que des éléments trace : fer, manganèse, zinc et cuivre.

### 3.1.4 Protéines brutes

Les teneurs en protéines (Tableau 1) sont légèrement supérieures à celle de Kamal E. Youssef et al, (2013). Les recherches de Yousif et Alghzawi, (2000) indiquent que l'acide aspartique était l'acide aminé le plus abondant (4,13 mg/g de poids sec) suivi par l'alanine (2,76 mg/g de poids sec). En contrepartie, la quantité de la paire cystéine-méthionine était notablement faible, la lysine 0,26 mg/g poids sec) plutôt que la paire d'acides aminés précédents était l'acide aminé le moins abondant. Ayaz et al, (2009) affirment que la composition en acides aminés de la caroube est acceptable et bien équilibrée sauf la lysine, en comparaison avec le taux standard de protéines déclaré par l'OMS (Organisation mondiale de la santé)

### 3.1.5 Phénols totaux

Nos résultats illustrés dans le Tableau 1 rejoignent ceux d'Avallone et al, (1997) et d'Owen et al, (2003). Ils sont légèrement inférieurs par rapport à ceux trouvés par Ortega et al, (2011). Cette différence s'interprète par la provenance géographique, la variété et le degré de maturité. Kamal Youssef et al, (2013) ont trouvés que les phénols de la caroube sont constitués de 11 composants parmi lesquels l'acide chlorogénique et l'acide caféique qui sont tous les deux des antioxydants qui inhibent la formation de composés N-nitrosés mutagènes et cancérigènes in vitro (Han et al., 2007). De plus, certains acides phénoliques contribuent à la lutte contre divers types de cancer, notamment les cancers du sein, du poumon et de l'estomac (Kumazawa et al., 2002).

### 3.7 Estimation de l'indice de fraîcheur de la viande ovine hachée

Les résultats du degré d'oxydation des viandes sont illustrés dans le tableau 2

**Tableau 2:** Teneurs en Malondialdéhyde MDA (mg/Kg) des viandes ovines hachées.

Temps de conservation / Traitements	Après 1 Heure	Après 2 Heures	Après 4 Heures
<b>(Viande Témoin)</b>	0.97 ±0,41 <sup>a</sup>	1.82 ±0,19 <sup>a</sup>	1.97 ±0,4 <sup>a</sup>
<b>(Viande traitée à 5 %)</b>	0,679 ±0,037 <sup>de</sup>	0,879 ±0,067 <sup>b</sup>	0,932±095 <sup>b</sup>
<b>(Viande traitée à 10 %)</b>	0,542 ±0,019 <sup>f</sup>	0,702 ±0 <sup>d</sup>	0,781 ±0,036 <sup>c</sup>
<b>(Viande traitée à 15 %)</b>	0,182 ±0,021 <sup>g</sup>	0,566 ±0,009 <sup>f</sup>	0,609 ±0,011 <sup>ef</sup>

(n=15±ecartype) (a,b, c, d, e sont des groupes homogènes à p<0.05)

D'après nos résultats, l'utilisation de 15% de poudre de la caroube a un effet inhibiteur d'oxydation plus important par rapport aux autres concentrations. Selon (Brand-Williams et al., 1995) les radicaux libres et les composés antioxydants forment un complexe ce qui ralentit l'apparition des produits d'oxydation; l'activité antioxydante des composés phénoliques est en grande partie dictée par leur structure moléculaire et concentration. (Marian Naczket al., 2003) rajoute que cela complique à la fois la détermination de l'activité antioxydante des mélanges complexes de composés phénoliques extraits de plantes et de l'interprétation des données expérimentales lors de l'application de ces derniers sur la viande.

En outre (Irene Albertos et al., 2015) confirme à travers son étude que les graines de caroube possèdent une activité antioxydante capable d'inhiber de manière significative l'oxydation des lipides (Peroxydation value (PV), hydroperoxydes, TBARS, odeur de rance), la perte du  $\alpha$  tocophérol, la modification de la couleur, l'oxydation des protéines (Carbonyls). Certains chercheurs tels que Bastida et al., (2009), affirment qu'il serait plus intéressant de tester cette poudre végétale sur des viandes avec un taux élevé d'acides gras insaturés. Cependant d'autres études sont nécessaires pour évaluer ses propriétés antimicrobiennes et ses effets bénéfiques potentiels sur la santé.

### 3.8 Étude rhéologique et caractéristiques de la farine enrichie avec la poudre de caroube

Les résultats de la caractérisation de la farine témoin et celles enrichies en poudre de caroube sont représentés dans le Tableau 3.

**Tableau 3:** Caractéristiques de la farine Témoin et celles enrichies en poudre de caroube

Echantillons	Protéines %	Humidité %	Cendres %
<b>Farine Témoin</b>	11,28 ±0,125 <sup>a</sup>	14,59 ±0,022 <sup>a</sup>	0,59 ±0,036 <sup>b</sup>
<b>Farine enrichie à 1 %</b>	11,29 ±0,149 <sup>a</sup>	14,52 ±0,022 <sup>ab</sup>	0,62 ±0,075 <sup>b</sup>
<b>Farine enrichie à 2 %</b>	11,25 ±0,089 <sup>a</sup>	14,4 ±0,062 <sup>b</sup>	0,66 ±0,036 <sup>a</sup>
<b>Farine enrichie à 3 %</b>	11 ±0,361 <sup>a</sup>	14,4 ±0,069 <sup>b</sup>	0,66 ±0,026 <sup>a</sup>

(n=15±ecartype) (a,b, c, d, e sont des groupes homogènes à p<0.05).

Les caractéristiques de la farine témoin et celles enrichies avec la poudre de caroube sont exprimées dans le tableau 3 et ne montrent aucune différence significative (p>0,05) entre la farine témoin et celles enrichies avec la poudre de caroube en termes de protéines et de cendres.

Par contre, le taux d'humidité de la farine témoin est significativement supérieur (p<0.05) à celui des farines enrichies, étant donné que la matière sèche que rapporte la caroube abaisse l'humidité.

**Tableau 4 :** Caractéristiques rhéologiques de la farine témoin et celles enrichies.

W et (P/L) Farines enrichies	W (force boulangère)	P/L (Rapport ténacité, extensibilité et travail de déformation)
Farine Témoin	164 ±4,82 <sup>a</sup>	0,49 ±0,048 <sup>b</sup>
Farine enrichie à 1 %	167 ±1,32 <sup>a</sup>	0,62 ±0,035 <sup>a</sup>
Farine enrichie à 2 %	160 ±7,05 <sup>a</sup>	0,54 ±0,045 <sup>ab</sup>
Farine enrichie à 3 %	160 ±3,5 <sup>a</sup>	0,36 ±0,045 <sup>c</sup>

(n=15±ecartype) (a,b, c, d, e sont des groupes homogènes à p<0.05)

Les résultats des caractéristiques rhéologiques de la farine témoin et celles enrichies sont indiqués dans le Tableau 4

En ce qui concerne la force boulangère (W), aucune différence significative n'est signalée entre les différentes farines. Le rapport P/L des farines enrichies à (1 %) est significativement plus important ( $P < 0.05$ ) à celui du témoin avec un rapport de différence estimé à 20,97 %.

À conclure que l'enrichissement de la farine à (1%), (2 %) et (3 %) de poudre de caroube n'a pas d'impact sur les propriétés rhéologiques. Néanmoins, la force boulangère (W) et le rapport P/L sont plus importants dans la farine enrichie à (1 %). Cette amélioration est probablement due aux propriétés gélifiantes que rapportent les pectines et la gomme galactomannane que la caroube contient.

#### 4. Conclusion

En conclusion, la poudre de la caroube a un effet inhibiteur d'oxydation sur la viande ovine. Cette déduction a été traduite par l'abaissement significatif de la teneur en MDA enregistré dans la viande traitée avec la poudre de caroube. En outre, la concentration de 15 % avait l'effet antioxydant le plus important. Dans ce cas; il est possible d'incorporer la poudre de caroube comme un conservateur à l'échelle industrielle des produits carnés pourvu que ça ne demande pas des technologies de purification ou d'extraction des phénols pour bénéficier de l'effet antioxydant de ces derniers. En second lieu, la substitution de la farine de blé tendre avec une concentration de 1 % de poudre de caroube amène vers l'amélioration des paramètres rhéologiques de la farine.

#### Références :

- [1]. AFNOR (Association Française de Normalisation) (1985). Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. 2ème édition, 200 p.
- [2]. Ali K. Yousif, H.M., Alghzawi. (2000). Processing and characterization of carob powder. Food Chemistry. 69 283-287.
- [3]. Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A., (1997). Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal of Food Composition and Analysis, Vol.10, pp.166-172
- [4]. Ayaz, F. A., Torun, H., Glew, R. H., Bak, Z. D., Chuang, L. T., Presley, J. M., et al. (2009). Nutrient content of carob pod (*Ceratonia siliqua* L.) flour prepared commercially and domestically. Plant Foods for Human Nutrition, 64, 286-292.
- [5]. Bastida, S., Sanchez Muniz, F. J., Olivero, R, Perez-Ollerros, L, Ruiz-Roso, B., and Jiminez Colmenerom F., (2009). Antioxydant activity of carob fruit extracts in cooked pork meat systems

- during chilled and frozen storage. Food Chemistry, 116(3), 748-754.
- [6]. Bate-Smith, E.C., (1973). Haccm analysis of tannins: the concept of relative astringency. Phytochemistry 12, 907-911.
- [7]. Brand-Williams W., Cuvelier M.F., et Berset, C., (1995). Use of the radical method to evaluate antioxydant activity. Food Science and Technology. Pp. 28-25-30.
- [8]. Corsi, B., Cozzi, A., Arosio, P., Drysdale, J., Santambrogio, P., Campanella, A., Biasotto, G., Albertini, A., & Levi, S. (2002). Human mitochondrial ferritin expressed in HeLa cells incorporates iron and affects cellular iron metabolism. Journal of Biological Chemistry, 277, 22430-22437.
- [9]. Duchène Christelle, Gilles Gandemer, (2016). Valeurs nutritionnelles des viandes; Viande et Produits Carnés, VPC-2016-32-3-5.
- [10]. Han, X. Z., Shen, T. and Lou, H. X. (2007). Dietary polyphenols and their biological significance. Int. J. Mol. Sci., 8 : 950 - 988.
- [11]. Guemour D, Bannelier C, Dellal A and Gidenne T., (2010). Nutritive value of sun-dried grape pomace, incorporated at a low level in complete feed for the rabbit bred under magrebian conditions. World Rabbit Sci., 18: 17-25. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2010.18.03>
- [12]. Guenaoui M, D J Guemour and S Meliani, (2019). Evaluation of chemical composition of carob meal (*Ceratonia siliqua* L.) and its effect on growth performance in fattening rabbits. Published in : Livestock Research for Rural Development 31 (8) 2019.
- [13]. ISO 659, (1998). Graines oléagineuses — Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence)
- [14]. Karkacier, M., Artık, N., (1995). Determination of physical properties, chemical composition and extraction conditions of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). Gıda 20 (3), 131-136.
- [15]. Kjeldahl, J. (1883) A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. Zeitschrift für Analytische Chemie, 22, 366-382. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01338151>
- [16]. Kumazawa S., Taniguchi, M., Suzuki, Y., Shimura, M., Kwon, M. and Nakayama, T. (2002). Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. J. Agric. Food Chem. 50 (2). PP 373 - 377.
- [17]. Lorenzo, J.M., Munekata, P.E.S., Gómez, B., Barba, F.J., Mora, L., PérezSantaescolástica, C., Toldrá, F., (2018). Bioactive peptides as natural antioxidants in food products- A review, Trends in Food Science & Technology.
- [18]. M. Kamal E. Youssef, Moshera M. El-Manfaloty, Hend M. Ali, (2013), Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.), Food and Public Health 2013, 3(6): 304-308.
- [19]. Makris et Kefalas (2004). Carob Pod Polyphenolic Antioxidants, Food Technol. Biotechnol. 42 (2) 105-108

- [20]. Makris, Kefalas,(2004). Carob Pod Polyphenolic Antioxidants, Food Technol. Biotechnol. 42 (2) 105-108.
- [21]. Marian Naczka, Ryszard A., Ryszard Z., Ronald B. P., Fereidoon S., (2003). Antioxidant activity of crude phenolic extracts from wild blueberry leaves. POLISH Journal of Food and Nutrition Sciences. Vol. 12/53, SI 1, pp. 166-169
- [22]. Ortega N., Macià, A., Romero, M.-P., Reguant, J., & Motilva, M.-J., (2011). Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-vitro digestión model. Food Chemistry, 124(1), 65-71.
- [23]. Owen R. W., R. Haubner, W. E. Hull, G. Erben, B. Spiegelhalder, H. Bartsch and B. Haber. (2003). Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre, Food and Chemical Toxicology Vol. 41, N°12, pp. 1727-1738.
- [24]. Sebai Hichem, Abdelaziz Souli, Latifa Chehimi, Kais Rtibi, Mohamed Amri, Jamel El-Benna and Mohsen Sakly, (2013). In vitro and in vivo antioxidant properties of Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.), Journal of Medicinal Plants Research Vol. 7(2), pp. 85-90, 10 January, 2013.
- [25]. Singleton et Rossi., Singleton, V. L & Rosi ; J. A, (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents: American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144-158.
- [26]. Sayd T,C Dufour, C Chambon, C Buffière, D Remond, V Santé-Lhoutellier, (2018). Combined in vivo and in silico approaches for predicting the release of bioactive peptides from meat digestion



**REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Sciences techniques**

ISSN : 2661-7064  
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



**Bio-surveillance de la qualité des eaux des mares temporaires sur trois principales routes de la wilaya de Tiaret (Dahmouni, Sougueur, Mellakou) : Dosage des bioindicateurs végétaux**

Chafaa Meriem<sup>1\*</sup>, Doukani Koula<sup>2,3</sup>, Soudani Leila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Agro-biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi-arides, Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie, Université de Tiaret.

<sup>2</sup> Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie, Université de Tiaret.

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale, Université Ibn Badis, Mostaganem.

Informations	Résumé
<p><b>Mots clés :</b>  Mare temporaire,  Métaux lourds,  Végétaux aquatiques,  Trafic routier,  Bio-surveillance.</p> <p><b>*Correspondance :</b>  chafaa.meriem@yahoo.fr</p>	<p>Dans les écosystèmes aquatiques, les éléments traces métalliques peuvent s'accumuler dans les plantes à des concentrations supérieures à celles présentes dans l'eau.</p> <p>Ce travail vise à surveiller la qualité des eaux dans les mares temporaires sur les routes principales de la wilaya de Tiaret à l'aide des espèces semi-aquatiques : la renoncule d'eau (<i>Ranunculus fluitans</i>) et la spirogyre (<i>Spyrogyralink sp.</i>) comme des végétaux bioindicateurs de pollution.</p> <p>Les résultats obtenus montrent que les deux espèces récoltées ont accumulé différemment les métaux lourds (Cu, Pb et Zn) et même nous avons pu constater qu'il y a une forte contamination métallique dans ces trois mares temporaires, due principalement au trafic routier et leurs proximités aux terres agricoles.</p> <p>Il apparaît donc que les végétaux sentinelles bioindicateurs de la qualité des eaux peuvent constituer un dispositif complémentaire performant et économique pour surveiller en continu la contamination des eaux par les métaux lourds.</p>

**1. Introduction**

Pollution, environnement, écologie, ces termes relativement récents de notre vocabulaire, font aujourd'hui grand bruit. Ils traduisent une réelle prise de conscience de notre société, toutes instances confondues, des risques et des dangers que le développement technologique fait courir au milieu naturel qui nous entoure, à notre cadre de vie, et, d'une façon plus générale, à notre planète terre. Depuis une cinquantaine d'années, les phénomènes de pollution ont pris une importance de plus en plus grande au plan environnemental sanitaire, économique et politique (Gérin, 2003).

Suite au développement des activités humaines, les sources potentielles de pollution des eaux ont augmenté au cours du siècle dernier (Danielpol et al., 2003). Les métaux lourds, en particulier le plomb, le zinc et le cuivre, constituent des sources importantes de pollution, et par conséquent, représentent des problèmes environnementaux majeurs. Ils peuvent migrer dans les eaux souterraines, s'accumuler dans la chaîne

alimentaire et constituer une menace pour la santé humaine (Jourdan et al., 2005).

Parmi les principaux polluants issus des activités industrielles et agricoles, les métaux lourds (cuivre, plomb, chrome, cadmium, zinc, etc.) constituent en réalité un problème particulièrement préoccupant. Ces éléments non biodégradables, ont une écotoxicité très élevée et peuvent impliquer une variété de pathologies (lésions du système nerveux central, du foie, des reins, du cancer et des malformations embryonnaires) (Aschieri, 1999 ; Miquel, 2001).

Par conséquent, étudier la capacité de ces plantes résistantes à détoxifier, adsorber ou absorber les métaux lourds peut devenir un outil intéressant, non seulement pour estimer le risque de transfert potentiel de métaux lourds dans l'écosystème, ces plantes détoxifiantes peuvent être également utilisées comme un outil de réhabilitation des sites contaminés (Nouri et Haddioui, 2016).

De nos jours, la recherche se concentre sur les méthodes de surveillance biologique de l'impact des polluants rejetés par les sites d'enfouissement dans l'eau, le sol, l'atmosphère et les écosystèmes environnants. L'avantage d'utiliser des organismes vivants présente l'intérêt d'observer la vie sous ses différentes formes et permet de servir, dans les conditions de perturbation, de signal d'alarme afin de surveiller en permanence la qualité des milieux (Garrec, 2007).

Parmi les outils de surveillance, il existe principalement des indicateurs biologiques qui fournissent des informations sur la qualité globale de l'environnement, y compris l'indice biologique mondial normalisé (IBGN) ou l'indice diatomique (IBD) (Rouane-Hacene, 2013), et les végétaux bioindicateurs d'accumulation tels que les bryophytes et les algues (AH-peng, 2003; Ramade, 2007).

Par conséquent, le développement de la technologie des indicateurs biologiques a ouvert la voie à une méthode de surveillance écologique plus large qui intègre les impacts environnementaux à travers les organismes sentinelles (Ramade, 2007; Garrec et Van Haluwyn, 2002). En outre, l'analyse directe des polluants sur l'eau conduit parfois à des résultats incertains, de sorte que le coût est relativement élevé. Cependant, l'analyse de ces mêmes polluants au moyen de bioindicateurs d'accumulation peut fournir des informations plus pertinentes à un coût avantageux (Garrec, 2007).

L'objectif de travail contribue à la bio-surveillance de la qualité des eaux des mares temporaires sur trois principales routes de la wilaya de Tiaret, d'une part, et d'autre part, l'évaluation de la contamination métallique de ces eaux par des indicateurs biologiques: la renoncule flottante (*Ranunculus fluitans*) et la spirogyre (*Spyrogyra link sp.*).

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Choix des stations

Les placettes ont été choisies selon l'échantillonnage subjectif tout au long de trois routes principales (Dahmouni, Sougueur et Mellakou) (Fig.1), dont on a choisi les échantillons qui nous paraissent les plus représentatifs et suffisamment homogènes d'après nos expériences.

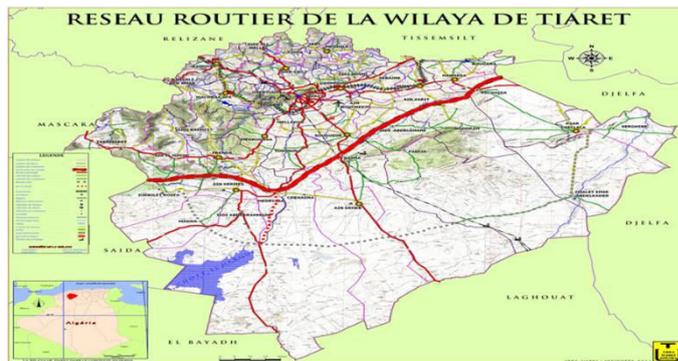


Fig. 1 : Réseau routier de la wilaya de Tiaret

Des informations générales sur ces mares ont été prises en considération, à savoir la distance de la mare par rapport à la route, une estimation de la longueur et la largeur de chacun de ces points d'eau et le nombre d'espèces présent dans ces sites.

Donc chacune de ces mares présente des caractéristiques spécifiques, la longueur, la largeur, la distance par rapport à la route et la végétation.

- Mares de la route TIARET-DAHMOUNI (04 mares).
- Mares de la route TIARET-SOUGUEUR (04 mares).
- Mares de la route TIARET-MELLAKOU (04 mares).

### 2.2. Choix du matériel végétal

Dans cette étude expérimentale, deux plantes semi-aquatiques: la renoncule flottante (Fig.2), et la spirogyre (Fig.3), ont été prélevées au niveau de 12 placettes différentes sur les trois routes principales de la wilaya de Tiaret, à savoir 4 mares temporaires dans la route qui relie la ville de Tiaret à Dahmouni, 4 dans la route qui relie Tiaret à Sougueur et 4 dans la route qui relie la ville de Tiaret à Mellakou. Ces deux plantes sont utilisées pour surveiller la qualité des eaux, leur choix s'est porté sur la base de leurs capacités d'accumulation des métaux lourds et leur pouvoir à supporter la pollution de ces eaux temporaires.



Fig. 2 : *Ranunculus fluitans*



Fig. 3 :*Spyrogyra link sp.*

Les échantillons recueillis ont été placés dans des sacs en plastique, et à leur arrivée au laboratoire, ces espèces ont été rincées à l'eau distillée puis séchées et broyées suivant le protocole défini par CERTU (2004).

### 2.3. Choix des métaux lourds

Notre étude a porté en particulier sur le plomb, le zinc et le cuivre pour les raisons suivantes :

- Ses origines sont essentiellement anthropiques plus particulièrement le trafic routier.
- Ils représentent un réel danger pour la santé publique (leur forte toxicité).
- Leur capacité de bioaccumulation et de bioamplification.

Le dosage du plomb, zinc et cuivre était réalisé par spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme « Perkin Elmer, Instrument Analyst 300, Atomic Adsorption spectrometer, Lamp : cathodique HCl».

### 2.4. Traitement statistique

Le traitement statistique des données a été effectué par logiciel Statistica version 8.0, au cours de ce traitement, une statistique descriptive a été faite pour estimer la variabilité des teneurs en cuivre, zinc et plomb dans les différents échantillons.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Teneurs en éléments traces métalliques (Pb, Cu et Zn) dans les échantillons

#### • Mares de Dahmouni

Le tableau 01 récapitule les différentes concentrations des éléments absorbés par *Ranunculus fluitans* et *Spyrogyra link sp.* ainsi que la concentration des métaux lourds dans les eaux de ces marres.

**Tableau 1:** Statistique descriptive des concentrations du Pb, Zn, Cu dans les plantes aquatiques et dans l'eau des marres

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart type
<b>RF (Pb)</b>	2787.50	229.11	7800.22	3379.93
<b>RF (Cu)</b>	1405.01	170.20	4500.12	2070.85
<b>RF (Zn)</b>	6012.50	120.01	8750.18	4676.42
<b>SP(Pb)</b>	200.03	283.35	3220.33	998.14
<b>SP(Zn)</b>	1250.10	257.19	2279.69	1569.25
<b>SP(Cu)</b>	102.12	87.21	862.58	796.56
<b>EM(Pb)</b>	4203.04	103.14	8105.45	1896.33
<b>EM(Zn)</b>	8183.23	78.58	9583.96	2598.35
<b>EM(Cu)</b>	1842.08	22.12	1322.88	956.32

RF : Renoncule aquatique SP : Spirogyre EM : Eau de la mare

L'examen du tableau 01, nous permet de constater une forte concentration du zinc accumulée par la renoncule flottante avec une moyenne de 6012.50mg/l, suivie par une concentration moyennement élevée du plomb et qui est de l'ordre 2787.50mg/l.

L'accumulation du cuivre a enregistré une valeur de 1405.01mg/l. Toutes ces différentes valeurs ont dépassé largement les normes fixées par la FAO (2003) : 0.2mg/l pour le cuivre et 2mg/l pour le zinc.

Par contre les valeurs enregistrées dans la spirogyre sont de l'ordre de : 1250.10mg/l pour le zinc, alors que le plomb et le cuivre présentent respectivement les valeurs 200.03mg/l et 102.12mg/l.

La contamination de l'eau de la mare a enregistré des valeurs proportionnellement augmentées dont les moyennes sont de l'ordre de 4203.04mg/l, 8183.23mg/l et 1842.08mg/l pour le plomb, zinc et cuivre respectivement.

Nous avons distingué une variabilité des concentrations de trois éléments dans les deux plantes examinées, nous remarquons que les deux plantes ont accumulé le zinc plus que le plomb et le cuivre, ainsi pour l'eau de ces mares de la route de Dahmouni.

Les concentrations observées dans les deux plantes sont en corrélation avec celles observées dans les eaux des mares de la route de Dahmouni.

#### • Mares de Sougueur

Les résultats trouvés sont illustrés dans le tableau 02.

**Tableau 2** : Statistique descriptive des concentrations du Pb, Zn, Cu dans les plantes aquatiques et dans l'eau

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart type
<b>RF (Pb)</b>	662.50	65.021	1650.23	904.96
<b>RF (Cu)</b>	349.85	38.89	550.08	407.82
<b>RF (Zn)</b>	762.50	120.45	920.42	256.17
<b>SP(Pb)</b>	1200.28	200.00	1520.01	985.15
<b>SP(Zn)</b>	1250.08	105.25	1750.09	802.58
<b>SP(Cu)</b>	1020.48	108.02	1985.58	1069.45
<b>EM(Pb)</b>	2413.25	401.07	3018.58	818.26
<b>EM(Zn)</b>	4041.75	240.08	4499.15	1545.47
<b>EM(Cu)</b>	1182.08	180.56	1986.85	708.13

RF : Renoncule aquatique SP : Spirogyre EM : Eau de la mare

Nous observons par l'analyse du tableau 02, une forte augmentation de la contamination métallique dans la spirogyre, surtout par le zinc qui a enregistré une valeur de 1250.08mg/l, alors que la renoncule flottante a accumulé une concentration de 762.50mg/l.

On constate une variation d'accumulation largement grande du zinc entre les deux espèces, alors que la concentration de cet élément dans l'eau des mares de Sougueur enregistre une valeur de 4041.75mg/l. D'après le même tableau, nous observons une accumulation plus importante du Pb par la spirogyre et qui est de l'ordre de 1200.28mg/l, par contre la renoncule flottante a enregistré une moyenne de 662.50mg/l, alors que l'eau des mares enregistre une moyenne de 2413.25mg/l.

Donc, dans les mêmes mares et dans les mêmes conditions écologiques, les deux espèces ont accumulé des éléments différents à des concentrations largement variables.

Les valeurs en cuivre enregistrées dans la renoncule flottante, la spirogyre et dans l'eau sont en moyennes de 349.85mg/l, 1020.48mg/l et de 1182.08mg/l respectivement.

#### • Mares de Mellakou

Le tableau 03, représente les différentes moyennes d'accumulation des éléments traces métalliques dans les deux espèces et dans l'eau des mares de la route de Mellakou.

Les résultats ont montré qu'il ya une augmentation importante d'accumulation des différents éléments dans les deux espèces et dans l'eau de ces mares.

**Tableau 03** : Statistique descriptive des concentrations du Pb, Zn, Cu dans les plantes aquatiques et dans l'eau.

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart type
<b>RF (Pb)</b>	1383.33	105.25	1468.89	797.45
<b>RF (Cu)</b>	650.98	59.26	748.52	355.08
<b>RF (Zn)</b>	1547.09	300.05	1800.98	754.98
<b>SP(Pb)</b>	1850.45	255.02	2109.69	876.955
<b>SP(Zn)</b>	1426.26	201.089	1689.98	820.87
<b>SP(Cu)</b>	816.66	105.12	1450.89	498.89
<b>EM(Pb)</b>	2138.33	550.00	2821.58	1047.45
<b>EM(Zn)</b>	3146.77	300.23	3405.66	1754.98
<b>EM(Cu)</b>	1658.65	102.06	1858.92	954.08

RF : Renoncule aquatique SP : Spirogyre EM : Eau de la mare

On remarque une variabilité de la concentration du plomb dans tous les échantillons examinés ; l'eau des mares présente une concentration en (Pb) de 2138.33mg/l, la spirogyre enregistre une teneur élevée de l'ordre de 1850.45 mg/l par rapport à la renoncule flottante qui enregistre une valeur de 1383.33 mg/l.

Nous constatons également que les teneurs enregistrées en (Zn) présentes une forte variabilité comparativement aux teneurs enregistrées en (Cu). La spirogyre enregistre une valeur très importante du zinc et qui est de l'ordre de 1426.26 mg/l, par contre la renoncule a enregistré une moyenne de 1547.09 mg/l alors que la valeur présente dans l'eau des mares était 3146.77 mg/l. Ainsi les valeurs enregistrées du cuivre dans les deux plantes ; la spirogyre et la renoncule flottante représentent respectivement 816.66mg/l et 650.98 mg/l accumulées directement des eaux de mare qui était de 1658.65 mg/l.

Cette étude pourrait nous indiquer une forte contamination de ces eaux stagnantes par ces métaux toxiques. Cette pollution est due à l'intensité du trafic automobile ainsi que les champs d'épandage à proximité de ces marres.

Cauchi *et al.* (1996), signalent que les métaux lourds généralement trouvés dans les eaux sont le plomb, le cuivre, le zinc, le cadmium et le fer. Ces micropolluants inorganiques sont issus des eaux domestiques ou des eaux industrielles, ainsi que le trafic routier émettent de fines particules métalliques dans l'atmosphère essentiellement dans les zones urbaines (Azimi *et al.*, 2005), qui se déposent sur les sols et cependant peuvent atteindre les mares temporaires par ruissellement au cours des événements pluvieux (Gomair *et al.*, 2001).

A cet effet, Lepp (1981) déclare que l'absorption des différents métaux lourds se fait par les poils racinaires. Juste (1970) a montré que le zinc (Zn) et le cuivre (Cu) sont facilement absorbés par les racines, ce qui explique leur taux élevé dans les deux plantes, alors que le plomb (Pb) pénètre difficilement même à des concentrations plus faibles.

De nombreux travaux ont mis en évidence les propriétés accumulatrices des plantes aquatiques pour les éléments traces métalliques : plomb, manganèse, cadmium, chrome et zinc (Burton, 1979 ; Say *et al.*, 1981), cuivre, cobalt, nickel et baryum (Wehr *et al.*, 1983). D'autres études ont montré la corrélation entre ces concentrations en éléments dans les eaux et les concentrations en métaux mesurées dans ce type de plantes (Goncalves *et al.*, 1994).

Des études ont mis en évidence que certains végétaux aquatiques accumulaient les éléments métalliques à de très fortes concentrations à proximité de sites miniers (Burtons et Peterson, 1979), cette propriété de bioaccumulation a suggéré l'utilisation des bryophytes aquatiques (AH-Peng, 2003) et les lentilles d'eau (Saint-Maxent, 2002) pour la surveillance des métaux traces dans l'eau, ces organismes permettent d'obtenir une évolution globale de la qualité environnementale du milieu. La spirogyre et la renoncule flottante résistent à la toxicité de certains polluants et les accumulent dans leurs tissus ce qui en font de bon bio-indicateurs.

Des études ont montré que la teneur des métaux lourds dans les algues vertes dépend de l'âge de celles-ci. En effet, Kaimoussi et al. (1994), ont noté que les teneurs des métaux (Al, Co, Fe, Mn, Ni et Zn) dans les thalles les plus âgés dépassent celles des thalles en croissance (cas de *Fucus vesiculosus*).

Barnett et Ashcroft (1985) ont enregistré une augmentation de la teneur de Fe, Mn, Ni, Zn et Pb dans les thalles principaux, par comparaison à ceux en développement. Ils suggèrent que cette différence d'accumulation des métaux est due au nombre de sites de fixation, étant donné qu'au fur et à mesure que le thalle se développe, le nombre de site augmente.

Une étude a révélé clairement que spirogyra était en mesure d'éliminer 40% de zinc au bout de 28 jours lorsqu'elle est utilisée dans l'assainissement de l'eau contaminée par ce dernier qui se traduit par une forte accumulation dans ses cellules (Rajful et al., 2011).

#### 4. Conclusion

Les préoccupations liées à la santé et à l'environnement sont croissantes dans un pays comme l'Algérie. Le développement des programmes de bio-surveillance demeure nécessaire pour compléter les outils de veille sanitaire. Ces outils de bio-surveillance sont, en effet, devenus indispensables pour orienter la politique publique en matière de gestion des risques sur l'environnement.

Les algues et les plantes aquatiques peuvent constituer des réseaux d'espaces végétales bio-indicatrices de la pollution de l'eau, dont l'utilisation se révèle être une méthode particulièrement simple, souple, économique et performante pour établir dans l'espace et dans le temps le degré de la pollution.

L'identification de la pollution au sein d'organismes sensibles permet également de détecter la contamination de l'eau avant que celle-ci n'affecte sévèrement le biotope marin et la santé humaine.

#### Références :

- [1]. AH-peng, C. (2003). Mise au point d'un outil diagnostic basé sur l'utilisation de la mousse aquatique *Fontinalis antipyretica* en culture pour l'estimation de la qualité des cours d'eau. Thèse de doctorat, Université de Lille II, France. 187 p.
- [2]. Aschieri, A. (1999). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport N° 2979, Assemblée Nationale. N° 261 du Sénat. 289p.
- [3]. Azimi, S., Rocher, V., Muller, M., Moilleron, R., Thevenot, D.R. (2005). Sources de distribution et variabilité des hydrocarbures et des métaux dans les dépôts atmosphériques dans la zone urbaine de Paris. *Science of the Total Environment*. 337 (1-3): 223-239.
- [4]. Barnett B.E., Ashcroft C.R. (1985). Heavy metals in *Fucus vesiculosus* in the Humber estuary. *Environ Pollut Ser.* 9 : 193-213.
- [5]. Burton, M.A.S., Peterson, P.J. (1979). Metal accumulation by aquatic bryophytes from polluted mine streams. *Environmental Pollution*. 19 (1): 39-46.
- [6]. Cauchi, H et al., (1996). La réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes*. 2 (47) : 81-118.
- [7]. CERTU. 2004. Comparaison de méthodes d'analyse des Éléments Traces Métalliques ETM et des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP sur les sols et les végétaux. *Environnement / Eau et sols*. N° 01 80 00695.103p.
- [8]. Danielpol, D., Griebler, C., Gunatilaka, A., Notenboom, J. (2003). Present state and future prospect for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation*. 30 (2) : 0-27.
- [9]. FAO. (2003). L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. 73p.
- [10]. Garrec, J.P. (2007). biosurveillance végétale de la pollution de l'air et de l'eau. Base documentaire. *Technique de l'ingénieur*. 62 p.
- [11]. Garrec, J.P., Van Haluwyn, C. (2002). Bio surveillance végétale de la qualité de l'air. Concepts, méthodes et applications. Ed. Tec & Doc, Paris, France. 118 p.
- [12]. Gérin, M. et al., (2003). Environnement et santé publique, fondements et pratiques. Ed. Tec & Doc, Québec, Canada. 1062 p.
- [13]. Goncalves, E., Soares, H., Boaventura, R., Machado, A., Dasilva, J. (1994). Seasonal variations of heavy metals in sediments and aquatic mosses from the Cavado river basin (Portugal). *The Science of the Total Environment*. 142 (3): 143-156.
- [14]. Jourdan, B., Piantone, P., Lerouge, C., Guyonnet, D. (2005). Atténuation des métaux à l'aval de sites de stockage de déchets. *Synthèse bibliographique*. 110 p.
- [15]. Juste, C. (1970). Actions toxiques des oligo-elements. *Science Agro*. 21 (6) : 549-571.
- [16]. Kaimoussi, A., Mouzdhahir A., Saih A. (2004). Variations saisonnières des teneurs en métaux (Cd, Cu, Fe, Mn et Zn) chez l'algue *Ulvalactuca* prélevée au niveau du

- littoral de la ville d'El Jadida (Maroc). Plant biology and pathology. 327 : 361-369.
- [17]. Lepp, N.W. (1981). Effect of heavy metal pollution on plant, effects of trace metal on plant function. Applied science publishers, London and New Jersey. 352p.
- [18]. Miquel, M.G. (2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport N° 2979, Assemblée Nationale, N° 261 Sénat. 365p.
- [19]. Nouri, M., Haddioui, A. (2016). Les techniques de dépollution des sols contaminés par les métaux lourds: une revue (The remediation techniques of heavy metals contaminated soils. Maghr. J. Pure & Appl. Sci. 2 (2) : 47- 58.
- [20]. Rajfur, M., Klos, A., Waclawek, M. (2011). L'utilisation des algues dans l'évaluation de la grande pollution Turawa Lake (Pologne). Environ. Sci. Santé. 46 : 1401-1408.
- [21]. Ramade, F. (2007). Introduction à l'écotoxicologie. Fondements et applications. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, France. 618 p.



**REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Sciences techniques**

ISSN : 2661-7064  
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



**Impact économique de la brucellose bovine dans la région de Tiaret. Algérie**

Dahane A<sup>a</sup>, Zoubeydi M<sup>a</sup>, Louacini KB<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Université Ibn Khaldoune of Tiaret. BP 78 Zone industrielle Zaaroura. Tiaret 14 000 Algérie.

Informations	Résumé
<p><b>Mots clés :</b>                      Brucellose,                      Filière lait,                      Subvention,                      Algérie</p> <p><b>*Correspondance :</b>                      dahaneazidine@gmail.com</p>	<p><b>Description du sujet.</b> Le développement de l'élevage bovin en Algérie est sous l'influence de contraintes multifactorielles en relation avec le milieu, le matériel animal exploité, ainsi que la politique adoptée par l'Etat.</p> <p><b>Objectifs.</b> Analyser les pertes enregistrées dans un élevage bovin où la vache laitière est atteinte de la brucellose. Ainsi, le calcul du coût de la prise en charge de la maladie par l'Etat (soins vétérinaires, vaccins). Connaître également l'impact sur la production de lait et sur la reproduction dans le cas d'avortement, mortinatalité, stérilité et allongement de l'intervalle entre les vêlages.</p> <p><b>Méthode.</b> Deux types d'enquêtes ont été menés, les enquêtes formelles et les enquêtes non formelles. Au total 127 exploitations ont été visitées, réparties sur huit communes de la wilaya de Tiaret. L'approche comptable a servi à calculer la différence entre les charges et les produits, dressant ainsi le compte d'exploitation de chaque élevage.</p> <p><b>Résultats.</b> Les résultats ont révélé des déficits importants malgré le soutien de l'Etat. La réticence des éleveurs de dépister leur cheptel est à l'origine d'atteinte de beaucoup de consommateurs de lait cru par la maladie, difficile à soigner complètement et dont les coûts de la prise en charge ne sont pas du pouvoir de l'algérien.</p> <p><b>Conclusions.</b> L'intérêt que donne l'Etat à l'intensification de la filière lait pour limiter les importations, l'encouragement de tous les acteurs de la filière à travers les aides octroyées par l'Etat ne laissent pas les producteurs indifférents en faveur de leur intérêt financier.</p>

**1. Introduction**

Devant la demande sans cesse croissante de protéines dans le monde et devant une démographie galopante, particulièrement dans les pays du tiers monde et devant la recherche d'une autosuffisance alimentaire pour satisfaire les besoins humains en protéines animales, l'homme doit se pousser des recherches dans les domaines agro-alimentaires et vétérinaire afin d'améliorer les techniques modernes d'élevage et de porter toutes les améliorations en santé animale. [RANDI F.2004].

En Algérie l'élevage bovin est une source considérable pour l'alimentation humaine en protéines (viande et lait) qui mérite une grande attention, mais la réalité de notre élevage, tel que l'existence des maladies transmissibles (manque d'hygiène, mauvaise alimentation, conditions climatiques défavorables), nous incite à mieux connaître les maladies majeures afin d'essayer

d'améliorer quelque grandes mesures prophylactiques surtout hygiénique et sanitaire. Parmi celles-ci, la brucellose bovine, qui est un véritable fléau, qui touche l'homme et l'animal et cause de grandes pertes économiques du point de vue coût de traitement, de prophylaxie et de perte de veaux.

La maladie apparaît dans un troupeau par suite de l'introduction d'un animal infecté, se généralise inévitablement à l'ensemble du cheptel et entraîne des pertes économiques.

Notre réflexion permettra donc de répondre à la question suivante : **quel est l'impact économique de la brucellose bovine dans la région de Tiaret ?**

L'hypothèse stipule que la brucellose peut constituer une entrave aux échanges commerciaux et pourrait mettre en péril le bénéfice issu de l'activité de l'élevage bovin.

L'objectif principal de notre étude est de procéder à une analyse technique et socioéconomique de quelques exploitations où la maladie est répandue mais où elle est mal prise en charge. Cet objectif se décline en deux objectifs spécifiques qui sont :

- ◆ Connaitre l'impact de cette maladie sur la production de lait et éventuellement sur la reproduction dans le cas d'avortement. (Avortement, mortinatalité, stérilité, allongement de l'intervalle entre les vêlages, etc.).
- ◆ Calculer le coût de la prise en charge de la brucellose par l'Etat (vaccin, soins vétérinaires).

**2. Matériel et Méthode**

**a. Collecte des données :**

Deux types d'enquêtes ont été menés, les enquêtes formelles et les enquêtes non formelles. Au total 127 exploitations ont été visitées, réparties sur huit communes de la wilaya de Tiaret. Sur ces exploitations, il n'y a que 17 qui ont répondu favorables pour la partie économique où on devait avoir les montants des dépenses et des recettes de l'activité de l'élevage d'une vache.

**b. Méthode comptable**

L'analyse des charges et des produits, à travers le compte d'exploitation de chaque élevage a porté sur 416 femelles sur un total de 470 sujets. Nous n'avons pris que les femelles car la production de lait est la plus importante quand il s'agit de brucellose.

**c. Présentation de la zone d'étude**

La wilaya de Tiaret est une wilaya d'Algérie située au centre ouest de la région des hauts plateaux du pays et distante de 340 km d'Alger. Son espace est hétérogène, est composé par une zone montagneuse au Nord, des hauts plateaux au Centre et par des espaces semi-arides au Sud.

Le territoire de la wilaya est limité par le versant méridional du chaînon de l'atlas tellien (Ouarsenis) au nord, par l'atlas saharien (Djebel Amour) au sud et par les monts de Freneda au sud-ouest. Le reste de la wilaya représente les hautes plaines limitées par la cuvette du chott echerqui au sud et les plateaux du Sersou au nord.

La wilaya de Tiaret se trouve à 1150 mètres d'altitude, son climat se caractérise par un hiver rigoureux avec une fréquente chute de neige et un été chaud et sec. (ANDI, 2018)

La morphologie de la wilaya de Tiaret et sa position géographique lui confèrent un cachet agro pastoral, elle est classée parmi les wilayas les plus productrices de céréales.



**Fig. 1 :** Carte géographique de la région de Tiaret. DSA Tiaret, 2018.

**3. Résultats et Discussion :**

Dans la wilaya de Tiaret, le cheptel bovin est constitué de bovin local, connu par sa rusticité mais il est peu productif, 3 à 4 litres de lait par jour pendant six mois (Yakhlef et al, 2002), de ce fait c'est un bovin orienté plus vers la production de viande.

Un bovin laitier dit bovin laitier moderne, hautement productif, il est introduit principalement à partir de l'Europe. Ce cheptel assure près de 40% de la production de lait.

En fin, le bovin laitier amélioré, issu d'un croisement non contrôlé, pratiqué par le secteur privé et assurant 40 % de la production totale de lait.

**3.1 Programme d'assainissement du cheptel bovin contre la brucellose**

Le programme d'assainissement du cheptel bovin laitier contre la brucellose et la tuberculose, a débuté en 1995 et se poursuit jusqu'à ce jour, ce programme s'articule autour d'un prélèvement de toutes les exploitations laitières, tous les six mois sur les bovins de plus de six mois pour la tuberculose et de plus d'un an pour la brucellose. Par ailleurs, les bovins atteints seront abattus. (DSA Tiaret, 2017).

**Tableau 1 :** Bilan du suivi sanitaire de la brucellose (Arrêtée au 31/07/2018) :

Espèces	Nombre d'exploitations visitées	Nombre des animaux dépistés	Nombre des exploitations infectées	Nombre des animaux infectés	Nombre des animaux abattus
<b>Bovins</b>	<b>127</b>	<b>1689</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>22</b>

On constate selon les données du tableau N° 1 que plus de 8% des exploitations visitées sont atteintes de brucellose mais le taux des animaux touchés par rapport au cheptel dépisté ne représente que quelques 1,3%. Certes ce chiffre est très réduit mais c'est un problème qu'il ne faut pas négliger vu les retombées de ce fléau sur la santé publique.

### 3.2 Identification de l'éleveur

Toutes les exploitations qu'on a visitées sont à gestion individuelle et tous les éleveurs de ces exploitations sont âgés entre 45 et 72 ans, et le niveau d'instruction est entre analphabète et moyen. Ainsi, l'ancienneté dans l'activité de l'élevage bovin est située entre 8 et plus de 40 ans. En ce qui concerne le nombre de personnes en charge dans chaque ménage, il est de 03 à 07 personnes. Ce ci nous indique l'importance du nombre de personnes pouvant être atteintes de la maladie due à la consommation du lait produit par des vaches brucelliques.

Concernant la question du dépistage, 4 éleveurs sur 17 ne le font pas. Ce sont des analphabètes et ne suivent aucune nouvelle technique de l'élevage. Ce sont aussi les plus âgés du groupe

### 3.3 Composition du cheptel des exploitations enquêtées

La région de Tiaret est une zone agro pastorale par excellence, ce qui fait que les exploitations sont constituées dans la majorité de cheptel ovin/caprin. L'élevage bovin est limité et dans la plupart des cas ce dernier constitue une activité familiale plutôt qu'une activité commerciale.

**Tableau 2 :** Catégories et effectif des bovins femelles dans les exploitations enquêtées.

FERMES	VACHE EN LACTATION	VACHE GESTANTE	GENISE	TOTAL
F1	5	2	0	07
F2	10	2	3	15
F3	93	30	25	148
F4	15	3	2	20
F5	9	2	1	12
F6	3	2	0	05
F7	8	0	0	08
F8	9	6	2	17
F9	3	2	0	05
F10	5	2	2	09
F11	12	0	1	13
F12	58	40	0	98
F13	6	2	6	14
F14	3	2	0	05
F15	2	0	0	02
F16	5	4	0	09
F17	14	10	5	29
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>109</b>	<b>47</b>	<b>416</b>

A partir du tableau N° 2, il ressort que plus de 40 % des éleveurs enquêtés possèdent moins de 10 vaches dans leur cheptel. A noter que nous n'avons pris en compte que les femelles puisque c'est cette catégorie d'animaux en fait, qui nous intéresse pour le suivi de la maladie de la brucellose. Moins de 12 % seulement possèdent plus de 100 vaches.

### 3.4 Effectif femelle utilisé pour la production laitière

Les résultats de nos investigations ont révélé que tous les éleveurs de notre échantillon utilisent le cheptel femelle, au minimum 55% du total des vaches en lactation ainsi que des vaches gestantes, pour la production laitière. L'intérêt financier compte plus que tout. Le tableau ci-dessous illustre bien ces données.

**Tableau N° 3 :** Effectif femelle mobilisée pour la production laitière

Fermes	Vache (en lactation + Gestante) Total	Femelles productrices de lait	Taux d'utilisation %
F1	7	7	100
F2	12	10	83,33
F3	123	71	57,72
F4	18	18	100
F5	11	9	81,8
F6	5	3	60
F7	8	8	100
F8	15	9	60
F9	5	3	60
F10	7	4	57,14
F11	12	10	83,33
F12	98	58	59,18
F13	8	5	62,5
F14	5	3	60
F15	2	2	100
F16	9	5	55,55
F17	24	14	58,33
<b>Total</b>	<b>369</b>	<b>239</b>	<b>64,76</b>

### 3.5 Destination de la production laitière

La production laitière dans la zone d'étude est presque destinée en totalité vers l'unité de transformation qui se trouve dans le chef-lieu de wilaya. Les producteurs livrent presque toute la production et ne garde pour l'autoconsommation même pas 5% de la quantité produite totale. Le tableau N° 5 témoigne de ces chiffres.

**Tableau N° 4 Destination de la production laitière :**

Fermes	Quantité de lait produite par les vaches en stabulation	Quantité de lait livrée à la transformation	Quantité de lait consommée
F1	15	15	00
F2	120	110	10
F3	1600	1500	100
F4	15	00	15
F5	50	45	5
F6	60	50	10
F7	25	25	00
F8	150	140	10
F9	15	15	00
F10	60	55	05
F11	20	20	00
F12	1800	1790	10
F13	120	115	05
F14	50	40	10
F15	50	40	10
F16	70	50	20
F17	250	240	10
<b>Total</b>	<b>4470</b>	<b>4250</b>	<b>220</b>

## 4. Discussion

### 4.1 Programme d'assainissement du cheptel bovin contre la brucellose

Le nombre de bovins dépistés ne représente que 10% de l'effectif total de la willaya de Tiaret qui est de 67 000 (dont 39 000 vaches laitières). (DSA, 2018). Ce nombre réduit est dû à l'abstention des éleveurs qui se contentent uniquement de la fiche d'identification. A noter qu'avant le programme d'intensification de la filière lait et la politique de réduction de l'importation de la poudre de lait, les unités de transformation de lait exigeait un agrément sanitaire. Une prime sanitaire a été instauré pour inciter les producteurs de lait à adhérer au programme d'assainissement du cheptel bovin mais peu d'entre eux respecte ces consignes. (Aggad, 2014).

### 4.2 Effectif femelle utilisé pour la production laitière

La demande en lait est tellement importante et les primes accordées aux producteurs sont d'un intérêt financier incroyable, que les éleveurs n'épargnent même pas les vaches gestantes de la traite. Ceci explique amplement le fait que la facture des importations de la poudre de lait occupe la première place dans les produits alimentaires importés par l'Algérie. En effet, le lait constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérien, avec une moyenne de consommation de 110 litres par an et par habitant (MADR, 2016), l'Algérie se classe comme premier consommateur laitier au Maghreb. (Bencharif, 2001).

### 4.3 Destination de la production laitière

L'Etat algérien mise beaucoup sur la production laitière locale dans le but de réduire la facture des importations et encourage les acteurs de la filière lait, chacun dans son créneau, avec tous les avantages possibles. Par ailleurs, il est important de noter que pendant les saisons sèches, le lait doit être livré aux unités de transformation, de bonheur, si non le taux d'acidité augmente avec la température élevée. La région de Tiaret, avec son climat semi-aride est caractérisée par un été sec et très chaud, le lait réceptionné ne peut être aux normes se voit vendu sous forme de Raib (lait caillé) ou sous forme de l'ben (petit lait) et dans ce cas-là le risque de brucellose est inévitable puisque le lait ne peut être bouilli.

### 4.5 Impact financier de la brucellose sur un élevage bovin dans la région d'étude :

En Algérie en général et à Tiaret en particulier, la brucellose est peu diagnostiquée pour plusieurs raisons, parmi lesquelles le polymorphisme des signes et leur discrétion, nous avons tenté d'aborder dans ce cadre, les répercussions financières de la brucellose bovine, en prenant pour sujet de calcul une vache déclarée brucellique.

Cependant, il est évident que nos calculs ne soient qu'approximatifs puisque plusieurs paramètres ne peuvent être qu'approximatifs, tel que le prix d'une vache qui peut varier entre 150 000 et 350 000 DA. Les charges directes et indirectes pour une vache brucellique sont résumées comme suit :

- Perte en lait et en veaux, sachant que la brucellose n'est, le plus souvent dépistée que lorsqu'elle entraîne l'avortement ;
- Amaigrissement progressif entraînant parfois carrément une cachexie avec comme conséquence, la saisie totale de la carcasse même en cas d'abattage normal. C'est-à-dire lors de non déclaration d'animal brucellique.

Certaines autres pertes, surtout indirectes ne peuvent être estimées dans notre travail, car nous nous sommes basés sur celles résultants de l'abattage d'un animal adulte et celles indirectes découlant du manque à gagner en lait.

Pour notre étude de cas les charges et les produits sont présentés dans le tableau suivant :

Par ailleurs, en plus des avortements causés par la Brucellose et qui peuvent se révéler extrêmement élevés surtout lors d'une primo-infection dans l'élevage, la maladie est responsable de la diminution de l'efficacité des animaux atteints qui peut se traduire par la perte en production de viande (amaigrissement) et perte en lait ; elle réduit en plus la résistance des animaux affectés, les rendant susceptibles aux éventuelles infections ultérieures.

- Le prix moyen d'acquisition d'une vache est actuellement de l'ordre de **300000 DA** (Juin 2018) ;
- La charge totale de l'alimentation pour la durée d'une année est en moyenne de 220 000 DA ;
- La charge moyenne de la main d'œuvre est de l'ordre de 20 000 X 12 = 240 000 DA ;

Par ailleurs, lors de l'abattage de la vache brucellique, l'éleveur sollicité par les bouchers s'en débarrassera pour environ **50000DA** en moyenne ; D'autre part, l'Etat remboursera **50%** du poids de la carcasse, au prix actuel de la viande qui est de **900DA/Kg. Dans** ce cas, en se basant sur un poids moyen de **200 kg/ vache**, il lui sera donc remboursé : 200 X 0,5 X 900 = 90 000 DA.

**Tableau 5 :** Compte de résultat relatif à l'exploitation d'une vache brucellique

Désignation	Charges	Produits	Résultat
Prix d'acquisition	300 000,00		
Alimentation			
Main d'œuvre	220 000,00		
Prix de vente	240 000,00		
Soutien de l'Etat		50 000,00	
		90 000,00	
Résultat			-620 000,00

Un déficit de 620 000 DA par vache durant une année. Ceci montre l'ampleur catastrophique de la brucellose dans un élevage. A cela il faut ajouter la perte en lait, qui se résume comme suit :

Pour simplifier le calcul du manque à gagner, il sera volontairement limité à celui correspondant à une lactation :

La durée moyenne de la lactation d'une vache est de **08 mois (240jours)** avec un prix minimal d'un litre de lait à **40 DA**. Pour une capacité moyenne de lactation de 20 litres par jour, la valeur totale d'une telle production laitière sera de :  $240 \times 40 \times 20 = 192000\text{DA}$  par lactation.

Si toutefois, la vache déclarée brucellique, son lait est impropre à la consommation et se trouve refusé par l'entreprise de transformation. Ce qui rend le déficit encore plus important est devint de l'ordre de 812 000 DA par an. Comparé à l'aide de l'Etat qui est de 140 000 DA, cela ne représente que quelque 20 % de la perte du producteur.

De ce fait, le faible taux d'indemnité accordé aux éleveurs suite aux déclarations des cas de brucellose chez leurs vaches, fait que la plupart de ces personnes évitent à tout prix le dépistage et laissent passer inaperçus les avortements, tout simplement pour protéger leur intérêt financier personnel et négligeant complètement la santé publique.

On constate donc, l'absence des mesures prophylactiques, le non-respect de la réglementation et du danger de la brucellose, maladie incontrôlable et à propagation rapide, d'éradication très difficile.

L'évolution de l'importance en santé publique et économique des zoonoses telles que la brucellose est le premier pas vers l'établissement des priorités nationales (Aggad, 2004).

## 5. Conclusion

L'importance économique de la brucellose est mal perçue en Algérie. L'avortement semble occuper la première place des effets négatifs de la maladie sur le cheptel, suivi de la mortalité, de l'infertilité, de la baisse de la production laitière puis de l'allongement de l'intervalle entre les vêlages. (Guemmor, 2000). L'estimation économique très peu connue, sans doute à cause de l'absence de données, tant sur le plan du financement de la lutte que de l'évaluation des pertes économiques directes et du manque à gagner sur la production laitière notamment.

La wilaya de Tiaret souffre d'un déficit en matière de collecte et de transformation du lait en dépit d'une production jugée abondante de ce produit. Avec une production de plus de 71 millions de litres de lait cru par an, seuls 12 % de cette quantité sont

collectés et transformés par les laiteries de la région, soit l'équivalent de 9 millions de litres. (DSA Tiaret, 2018). À la DSA, on explique ce déficit en matière de collecte et de transformation du lait par le recours des éleveurs à la vente directe du lait cru aux consommateurs. Pour soutenir la production, la collecte et la transformation du lait, la DSA assure des subventions octroyées par l'Etat au profit de ce créneau.

Ainsi en 2014, quelque 105 millions DA a été accordés aux éleveurs de vaches laitières recensés au niveau de cette direction. Pour leur part, les collecteurs ont reçu des subventions représentant un montant global de plus de 43 millions DA et enfin 29 millions DA ont été octroyés aux unités de production laitière. L'aide de l'Etat à la filière lait a également concerné une prise en charge de 30 % des prix d'acquisition des équipements d'élevage bovin, de traite, de froid et autres, en plus de primes attribuées aux vétérinaires qui pratiquent l'insémination artificielle, soit 1 800 DA pour chaque vache inséminée. (le courrier d'Algérie, 2015).

Quant aux éleveurs, ils ont bénéficié d'une aide de 60 000 DA pour chaque génisse née par insémination artificielle et 6000 DA par hectare cultivé en fourrages en plus de 30 % du coût de réalisation des étables. Ainsi, l'unité de Sidi Khaled relevant du groupe Giplait accorde des crédits aux éleveurs pour l'acquisition de vaches laitières. En contrepartie, les éleveurs doivent céder leur production laitière à cette unité. Cependant, le lait passe par un circuit informel et est vendu directement aux consommateurs. Cette opération semble plus rentable pour les éleveurs, ils touchent leur argent au comptant juste à la livraison de leur quantité de lait, ne se soucient nullement de la présence de n'importe quelle maladie (brucellose entre autre) et ne sont soumis à aucune bureaucratie, ce qu'ils rencontrent quand ils vont à l'unité de transformation.

La course derrière l'enrichissement et le remplissage des caisses, l'inconscience des éleveurs et la forte demande du lait font que le risque de la propagation de la maladie s'aggrave et passe chez les êtres humains. En effet, plusieurs cas ont été signalés, à la faveur de la consommation du lait cru, du fromage mou infecté, du contact avec les animaux infectés, avec le placenta ou l'avorton lors des avortements brucelliques. Mais les personnes à risque sont généralement les éleveurs, les vétérinaires mais aussi des bouchers. A souligner, qu'après constatation de l'infection, les patients sont admis dans des hôpitaux et sont traités aux antibiotiques. Le coût estimé d'une personne atteinte est en moyenne de l'ordre de 650 Euros, ce qui est l'équivalent de 130 000 DA en Algérie. Avec le niveau de vie des algériens cela serait presque

impossible qu'un malade puisse se faire soigner convenablement en cas d'atteinte.

Pour cela, nous interpellons l'Etat et les associations de la protection du consommateur, de veiller à ce que tout le lait de vaches soit analysé et soumis à la pasteurisation et la stérilisation avant qu'il soit consommé cru, sachant que la brucellose fait ravage dans la région de Tiaret et que les gens sont inconscients de la gravité des conséquences de la maladie.

#### Références :

- [1]. AGGAD H. 2004. Etude épidémiologique de la brucellose animale et humaine en Algérie. Thèse de Doctorat en biologie, Université de Senia. Oran.
- [2]. BENCHARIF A. 2001. Le développement des filières lait au Maghreb : Algérie, Maroc, Tunisie ; trois images, trois stratégies différentes. Agroligne N° 14. Pp 9-19.
- [3]. Direction des Services Agricoles. 2017. Système d'information de la DSA. Tiaret.
- [4]. Direction des Services Agricoles. 2018. Statistique de l'activité élevage dans la wilaya de Tiaret
- [5]. GUEMMOUR D. 2000. Epidémiologie de la brucellose et son impact économique sur la population de la wilaya de Tiaret. Mémoire de Magistère. Université de Tiaret.
- [6]. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 2016. Cahier de statistiques.
- [7]. RANDI. F. 2004. La brucellose bovine dans la wilaya de Tiaret. Etude bibliographique et statistique. DEUA en médecine vétérinaire. Université Tiaret.
- [8]. YAKHLEF H. La production extensive de lait en Algérie. Option méditerranéenne : Série Séminaire 6 : pp 135- 139.
- [9]. Lecourrier-d'algerie.com tiaret-une collecte-de-la production laitière ; [www.info-algerie.com/...wilaya de tiaret-14.html](http://www.info-algerie.com/...wilaya de tiaret-14.html).



## Approche préliminaire sur la fromageabilité des laits collectés au niveau d'une fromagerie industrielle

Dahou Abdelkader Elamine<sup>a\*</sup>, Medjahed Mostefa<sup>a</sup>, Aissaoui Chadeli<sup>b</sup>, Homrani Abdelkader<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.

<sup>b</sup> Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Chadli Bendjedid El Tarf, Algérie.

Informations	Résumé
<p><b>Mots clés :</b>                      Laits frais collectés,                      Aptitude à la coagulation,                      Rendement fromager,                      Fromagerie de Sidi-Saada</p> <p><b>*Correspondance :</b>                      abdelkader.dahou@univ-mosta.dz</p>	<p>Dans une transformation du lait en fromage se cache des mécanismes physico-chimiques complexes liés à sa composition. Une vache laitière peut fournir un lait plus ou moins «fromageable», apte à la transformation selon ses aptitudes d'acidification et de coagulation et ses rendements fromagers. C'est dans ce contexte que les laits frais collectés par la Fromagerie de Sidi-Saada ont été testés avec des critères simples de composition chimique du lait en taux protéique, en taux butyreux et en matière minérale sur l'aptitude à la coagulation et en rendement fromager (répétabilité étalée sur les 3 périodes de la lactation). Les résultats chimiques obtenus ont été non conformes aux normes F.I.L sur le plan richesse en matière protéique et en matière minérale. La teneur moyenne en protéines est comprise entre 2,73 et 3,02%, celle du calcium entre 78 et 98 mg % et celle du phosphore entre 62 et 77 mg %. De plus la répétabilité des mesures chimiques sur les laits frais collectés nous a permis de détecter, par le dosage de l'urée, la défection du niveau d'azote sur la ration alimentaire journalière apportée au cheptel laitier nutriment nécessaire à l'amélioration du taux protéique des laits pour une conformité de la transformation et du rendement fromager.</p>

### 1. Introduction

L'appréciation des propriétés technologiques des laits et des produits laitiers demeure un sujet d'actualité pour lequel beaucoup d'échanges s'intensifient entre zootechniciens et producteurs pour répondre aux exigences du transformateur [1, 2 et 3].

La qualité des laits représente une notion complexe parce qu'elle possède plusieurs dimensions telles que la fromageabilité des laits, celle-ci se décline différemment selon l'interlocuteur (producteur, transformateur et consommateur). La valeur d'un lait peut être jugée par son efficacité à la transformation en fromage [4 et 6].

L'aptitude à la coagulation du lait dépend de son pH initial, de sa teneur en calcium colloïdal et en protéines insolubles (les caséines) qui jouent un rôle primordial dans la mise en place du gel et dans la conformité du rendement fromager [5].

L'objectif de notre étude est de tester à travers la répétabilité dans le temps de l'indicateur fromageabilité des laits (aptitude à la coagulation-rendement fromager) utilisé sur des échantillons de lait collectés par la fromagerie de Sidi-Saada et d'essayer d'expliquer à travers la composition des laits utilisés ; les défaillances qui ont influé négativement sur leur fromageabilité (répétabilité étalée sur les 3 périodes de la lactation)

### 2. Matériels et méthodes

#### 2.1. Période expérimentale

Les prises d'échantillons de lait ont été réalisées au niveau de la zone de réception des laits collectés de la fromagerie Sidi-Saada, durant les 03 périodes de la lactation, comme suit:

- en saison de haute lactation du 01 février 2019 au 31 mai 2019,
- en saison de moyenne lactation du 01 juin 2019 au 31 septembre 2019,
- et enfin en saison de basse lactation du 01 octobre 2019 au 31 janvier 2020.

## 2.2. Analyses établies

### a) Analyses chimiques

Par le biais d'un Milko Scan FT2 ( Série N°8100) pour la détermination de la composition chimique des laits en taux protéique TP, Taux butyreux TB, pH, teneur en matière minérale Ca et P, et dosage de l'urée.

### b) Caractérisation de l'aptitude fromagère

#### Détermination des temps de coagulation

L'aptitude fromagère est déterminée par la mesure du temps de floculation et du temps de prise selon la méthode de thrombélagraphie [7] et actualisée par Lij D. et Daligleish G. [8].

Le temps de floculation, d'un échantillon de lait porté dans un bain marie à 30°C, est l'intervalle de temps compris entre le moment de l'emprésurage et l'apparition des premiers flocons de caséines visibles à l'œil nu [1].

Le temps de prise est le moment où apparaissent les premières gouttelettes du lactosérum (début de l'exsudation du lactosérum) sur la surface du gel appelé aussi coagulum qui devient rigide et ne coule plus sur les parois du tube expérimental [9].

Pour toute coagulation, le temps de prise représente généralement environ le double du temps de floculation : ainsi pour un temps de floculation normalisé compris entre 5 et 8 minutes, le temps de prise se situe entre 10 et 16 minutes [10].

#### Calcul du rendement fromager

Le rendement fromager est généralement exprimé en kg de fromage obtenu à partir de 100 litres de lait. Pour pouvoir suivre l'évolution du rendement fromager, on doit toujours peser les caillés obtenus au même stade de lactation et de les comparer à la norme FIL, pour les laits issus de la même espèce et de la même technologie. Les valeurs obtenues sont mesurées en moyenne de 03 répétitions de pesée sur le même caillé obtenu [9 et 11].

### Analyse statistique

L'étude de la similarité des moyennes des résultats de la fromageabilité des laits collectés testés a été rendue possible grâce à l'utilisation d'un test statistique du logiciel SYSTAT SOFTWARE MYSTAT 12. Le seuil de signification statistique est estimé à  $P < 0,05$ .

## 3. Résultats et Discussion

### 3.1. Résultats des analyses chimiques

Evaluation de la qualité chimique des laits collectés par la fromagerie de Sidi-Saada durant les 03

périodes de lactation sont illustrés dans les tableaux suivants :

**Tableau 1:** Evaluation de la qualité chimique des laits collectés en haute lactation.

Analyses chimiques réalisées	Centre de collecte Wilaya de Relizane	Centre de collecte Wilaya de Sidi-Belabbès	Centre de collecte Wilaya de Mostaganem	Centre de collecte Wilaya de Mascara	Centre de collecte Wilaya d'Oran
1/ Matière minérale					
Calcium mg/100 ml	93±0,65	97±0,55	98±0,15	92±0,45	89±0,5
Phosphore mg/100 ml	72±0,15	74±0,25	77±0,2	70±0,15	68±0,25
2/ Caractères chimiques					
pH	6,67±0,02	6,66±0,01	6,69±0,01	6,68±0,03	6,65±0,04
Taux protéique %	2,95±0,04	2,87±0,02	3,02±0,05	2,89±0,03	2,79±0,05
Taux butyreux %	3,30±0,12	3,12±0,08	3,4±0,2	3,15±0,2	2,98±0,32
Urée mg/l	170±3	172±2,5	178±1,5	171±2,2	167±2,8
3/ quantité produite					
Litres/Centre/Jour	9200	8700	12500	7200	4200

**Tableau 2 :** Aptitude fromagère et rendement fromager des laits collectés en haute lactation.

Critères de l'aptitude fromagère des laits	Centre de collecte Wilaya de Relizane	Centre de collecte Wilaya de Sidi-Belabbès	Centre de collecte Wilaya de Mostaganem	Centre de collecte Wilaya de Mascara	Centre de collecte Wilaya d'Oran
Temps de floculation en minutes (*)	8,10±0,15	9,05±0,25	7,5±0,01	8,75±0,2	9,62±0,3
Temps de prise en minutes (*)	16±0,03	18,1±0,3	15±0,015	17,5±0,4	19,25±0,025
Rendement fromager %	10,85±0,02	11,65±0,02	10,15±0,015	11,25±0,025	12,35±0,02

\* Pas de différence significative ( $P < 0,05$ )

**Tableau 3 :** Evaluation de la qualité chimique des laits collectés en moyenne lactation.

Analyses chimiques réalisées	Centre de collecte Wilaya de Relizane	Centre de collecte Wilaya de Sidi-Belabbès	Centre de collecte Wilaya de Mostaganem	Centre de collecte Wilaya de Mascara	Centre de collecte Wilaya d'Oran
1/ Matière minérale					
Calcium mg/100 ml	89±0,25	93±0,45	96±0,25	87±0,5	82±0,35
Phosphore mg/100 ml	68±0,2	70±0,15	74±0,15	67±0,25	63±0,25
2/ Caractères chimiques					
pH	6,73±0,02	6,69±0,02	6,7±0,02	6,74±0,02	6,66±0,02
Taux protéique %	2,93±0,05	2,85±0,03	2,98±0,04	2,87±0,02	2,76±0,04
Taux butyreux %	3,25±0,05	3,08±0,04	3,3±0,06	3,10±0,02	2,88±0,02
Urée mg/l	168±1,2	171±1,5	173±1,5	169±1,25	165±1,5
3/ quantité produite					
Litres/Centre/Jour	7750	5600	9800	5450	2700

**Tableau 4:** Aptitude fromagère et rendement fromager des laits collectés en moyenne lactation.

Critères de l'aptitude fromagère des laits	Centre de collecte Wilaya de Relizane	Centre de collecte Wilaya de Sidi-Belabbès	Centre de collecte Wilaya de Mostaganem	Centre de collecte Wilaya de Mascara	Centre de collecte Wilaya d'Oran
Temps de flocculation en minutes (*)	9,25±0,015	9,8±0,025	8,1±0,025	9,60±0,02	10,15±0,03
Temps de prise en minutes (*)	18,5±0,03	19,5±0,04	16±0,035	19±0,03	20±0,04
Rendement fromager %	12,4±0,02	12,60±0,025	10,95±0,01	12,30±0,01	13,05±0,01

\* Pas de différence significative (P&lt;0,05)

**Tableau 5 :** Evaluation de la qualité chimique des laits collectés en basse lactation

Analyses chimiques réalisées	Centre de collecte Wilaya de Relizane	Centre de collecte Wilaya de Sidi-Belabbès	Centre de collecte Wilaya de Mostaganem	Centre de collecte Wilaya de Mascara	Centre de collecte Wilaya d'Oran
1/ Matière minérale					
Calcium mg/100 ml	84±0,05	90±0,05	94±0,45	83±0,5	78±0,05
Phosphore mg/100 ml	66±0,05	68±0,3	72±0,25	64±0,5	62±0,05
2/ Caractères chimiques					
pH	6,66±0,02	6,67±0,03	6,68±0,03	6,66±0,01	6,65±0,03
Taux protéique %	2,9±0,03	2,82±0,04	2,95±0,03	2,84±0,02	2,73±0,03
Taux butyreux %	3,12±0,015	3,02±0,03	3,28±0,18	3,06±0,02	2,85±0,03
Urée mg/l	166±1,2	168±0,8	171±0,5	166±0,4	162±0,25
3/ quantité produite					
Litres/Centre/Jour	5480	3270	7080	2980	1320

**Tableau 6 :** Aptitude fromagère et rendement fromager des laits collectés en basse lactation.

Critères de l'aptitude fromagère des laits	Centre de collecte Wilaya de Relizane	Centre de collecte Wilaya de Sidi-Belabbès	Centre de collecte Wilaya de Mostaganem	Centre de collecte Wilaya de Mascara	Centre de collecte Wilaya d'Oran
Temps de flocculation en minutes (*)	10,25±0,02	11,10±0,025	9,2±0,01	10,8±0,02	12,05±0,025
Temps de prise en minutes (*)	20,5±0,03	22±0,035	18,5±0,02	21,5±0,03	24±0,035
Rendement fromager %	13,72±0,02	14,25±0,015	12,43±0,01	13,84±0,01	15,50±0,02

\* Pas de différence significative (P&lt;0,05)

L'aptitude du lait à la transformation s'apprécie à partir d'une qualité du lait pour une affectation technologique appropriée [6 et 12]. L'intérêt technologique à la transformation du lait réside dans sa richesse en nutriments de base, protéides et lipides, mais aussi en matière minérale [13 et 14].

Il paraît évident que l'analyse des laits avant leur transformation et leur caractérisation sur le plan chimique peuvent aider à mieux orienter les technologues sur les possibilités de leur exploitation industrielle et leur valorisation efficace.

La qualité chimique des laits a été évaluée et les résultats sont regroupés dans les tableaux 1, 3 et 5.

### 3.2. Teneur en matière minérale

La fraction minérale du lait joue un rôle important en technologie laitière et plus précisément fromagère (coagulation-synérèse et texture du caillé fromager). En effet toute modification dans la répartition minérale se répercute sur les propriétés technologiques des laits et les propriétés rhéologiques du coagulum [9 et 15].

D'après les résultats les taux de calcium et de phosphore sur nos laits sont en dessous de la norme déterminée par la FIL qui de 120 à 140 mg/100 ml pour le calcium et 85 à 90 mg/100 ml pour le phosphore.

Ces proportions auront un effet négatif sur le rendement fromager par les déperditions de protéines sériques qui seront constatées au moment de la synérèse du lactosérum après coagulation des laits transformés par la faiblesse dans l'agglomération du coagulum fromager à cause du faible équilibre en phosphate de calcium colloïdal au niveau des micelles de caséines.

### 3.3. pH

À travers nos résultats, les valeurs du pH des laits collectés sont normalisées chez les vaches laitières concernées entre 6,65 et 6,74 tolérables par la norme FIL qui se situe entre 6,6 et 6,8. Les laits collectés présentent une conformité et ainsi une bonne stabilité aux traitements thermiques qui seront menés lors de la transformation fromagère. Toute baisse du pH en dessous de la norme favorise la solubilisation des minéraux, la déstabilisation des micelles de caséines conduisant à des pertes excessives au niveau du lactosérum lors de la transformation à influence directe sur la qualité de des fromages [9, 16 et 17].

### 3.4. Taux butyreux

Le taux butyreux est un paramètre technologique nécessaire pour un produit final à 40-45% de matière grasse (M.G) donnant au fromage fabriqué ses caractéristiques organoleptiques typiques : de

flaveur, de goût et surtout de texture. D'après les résultats du taux butyreux obtenus nous remarquons que les laits collectés analysés présentent des taux autour de 2,85 à 3,4%. Les laits collectés des centres de Mostaganem, Relizane, Mascara et Sidi-Belabbès sont conformes à la norme FIL avec un taux butyreux qui varie entre 3 et 3,6% alors que ceux ramassés du centre de collecte d'Oran présentent un taux entre 2,85 et 2,98% en dessous de la norme.

Les fluctuations des teneurs en matière grasse est sous l'influence des conditions d'élevage tels que le stade de lactation, l'alimentation (stratégie d'alimentation beaucoup plus basée sur les concentrés), les pratiques adoptées à la traite [18]. La texture des fromages, extra dure, demi-molle, molle, dépend de la teneur du lait en matière grasse [1 et 2].

### 3.5. Taux protéique

Le taux protéique varie en fonction :

- de la race et de la génétique de la vache
- de l'alimentation :

Le principal facteur alimentaire est l'apport d'énergie. Si les besoins énergétiques de l'animal ne sont pas couverts, il y a une diminution du taux protéique. Une sous-alimentation totale ou protéique provoque une chute du TP en plus d'une chute de la production laitière.

Selon les résultats, nous observons que les laits collectés par la fromagerie présentent des niveaux non acceptables soit une moyenne en matière protéique de l'ordre de 2,73 à 3,02 % donnant un lait transformable avec un taux protéique non recommandé pour la transformation fromagère et selon les préconisations de la FIL pour la transformation laitière il est nécessaire de produire des laits atteignant l'ordre de 3,1 à 3,4% de TP. Les caséines sont les protéines transformables (80% des protéines du lait). La formation du gel fromager se fait à partir de l'agglomération des caséines [12 et 19].

### 3.6. Urée

Le dosage de l'urée dans le lait permet d'avoir un contrôle du régime alimentaire en protéines des bovins laitiers [18].

L'interprétation des résultats donne des indications sur l'équilibre de la ration.

La teneur moyenne en urée pour le lait de vache sur notre cheptel contrôlé se situe en dessous de 200 mg/l soit entre 162 et 178 mg/l.

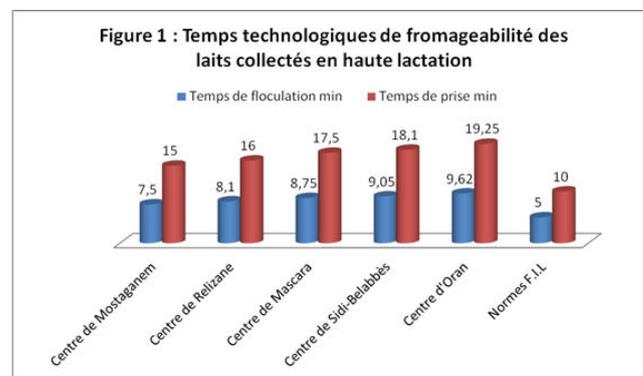
Concernant les échantillons de lait collectés, le taux inférieur à 200 mg /l montre que la ration alimentaire est non équilibrée chez le cheptel laitier

nécessitant la révision du niveau d'azote du régime par un apport en protéines digestibles (PDI).

### 3.7. Contrôle de l'aptitude fromagère des échantillons de lait

Le principe de la transformation fromagère est la coagulation par un changement d'état du lait de liquide à semi-solide qui est appelé gel ou coagulum [9]. Le produit se sépare alors en deux phases : le lactosérum et le coagulum. Le lait possède des caséines responsables de la coagulation puisqu'elles sont responsables de la stabilité de la micelle.

Dans ce sens, les temps technologiques de coagulation donne des temps moyens de floculation entre 7,5 et 9,62 minutes contre des temps de prise de 15 à 19,25 minutes pour les échantillons de lait issus des vaches laitières en haute lactation. Alors que ceux de la moyenne lactation ont donné des temps moyens de floculation entre 8,1 à 10,15 minutes contre un temps de prise de 16 à 20 minutes et enfin les laits de la basse lactation ; un temps moyen de floculation de 9,2 à 12,05 minutes et un temps de prise de 18,5 à 24 minutes. La norme FIL applicable doit être comprise entre 5 et 8 minutes pour le temps de floculation et de 10 à 16 minutes pour le temps de prise. Les résultats obtenus (tableaux 2, 4 et 6) sont non conformes à une activité et à une cinétique coagulante réussie et adaptée à toute transformation fromagère (figure 1).

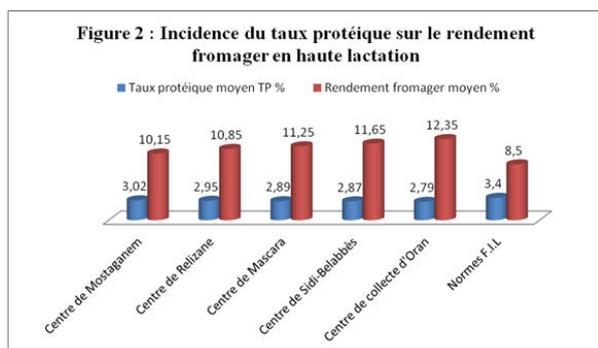


### 3.8. Détermination du rendement fromager

Le rendement fromager est généralement exprimé en kg de fromage obtenu à partir de 100 litres de lait ou en g pour 100 ml de lait [9 et 11].

Les laits collectés présentent un rendement fromager en % avec une moyenne de 10,15 à 15,50% soit au dessus des normes tolérables de 8,5 à 10,5 % (tableaux 2, 4 et 6). Cette non-conformité témoigne de la faiblesse des laits de vache en matière protéique à incidence directe sur les rendements fromagers obtenus (Figure 2). Plus précisément, c'est la teneur en caséines (protéines coagulables) qui favorise le rendement.

Au niveau de la fromagerie, améliorer son rendement fromager commence donc tout simplement par une surveillance et une amélioration du TP.



L'analyse statistique des résultats, réalisée par le logiciel statistique SYSTAT SOFTWARE MYSTAT 12, a donné des valeurs de signification inférieures à 5% avec une aptitude fromagère presque similaire pour les laits collectés par la fromagerie durant les 03 phases de lactation. La cinétique de la coagulation représentée par les temps technologiques de floculation et de prise est aussi presque identique pour des laits étudiés avec une non-conformité à la norme FIL [20].

Le stade de lactation a eu un effet sur la quantité de lait produite ; laquelle s'est trouvée corrélée avec la qualité chimique du lait. En général, les résultats ont été non satisfaisants pour la majorité des paramètres évalués, particulièrement pour la matière minérale, le taux protéique (TP) et la concentration de l'urée dans les différents échantillons de laits analysés. On remarque aussi pour nos laits une diminution progressive du taux protéique du premier stade au troisième de lactation de façon proportionnelle aux quantités de lait produites et collectées au niveau des 05 centres. L'approche de corrélation nous a permis de conclure que le stade de lactation semble avoir un effet significatif sur les variables chimiques et technologiques surtout la matière minérale, le TP et les temps technologiques et d'un autre côté la conduite d'élevage et plus précisément l'alimentation du cheptel, contrôlée par la concentration d'urée dans les laits produits, a eu un effet aussi significatif sur les variables contrôlées.

Sur l'aspect aptitude fromagère, le faible taux protéique des laits collectés a influé directement sur les temps technologiques, a minimisé la capacité de rétention du lactosérum et a donné des faibles taux d'hydratation des caillés lactiques obtenus. Cette capacité de rétention est essentielle à la bonne maîtrise des rendements fromagers et à l'obtention des produits laitiers escomptés.

## Conclusion

Cette étude nous a permis de déceler les problèmes d'instabilité de la fromageabilité des laits transformés au niveau de la fromagerie de Sidi-Saada » les facteurs de variation de l'aptitude fromagère des laits sur les 03 phases de la production laitière. Les rendements fromagers et les paramètres technologiques de coagulation présentent des corrélations favorables entre eux et sont héritables de la qualité intrinsèque du lait. Ainsi à l'échelle de la transformation les facteurs de variation sont maintenant bien connus et les leviers d'action pour améliorer ce critère et atteindre le rendement fromager escompté sont bien identifiés.

Ils sont essentiellement d'ordre alimentaire (amélioration du niveau énergétique des rations et maîtriser les bonnes pratiques d'élevage). Cette démarche expérimentale primordiale émanant du Laboratoire des Sciences et des Techniques de Production Animales de l'Université de Mostaganem a un objectif : proposer des préconisations aux producteurs et aux transformateurs soucieux de l'amélioration de leurs actions et faire des corrélations entre les pratiques d'élevage et l'alimentation pour atteindre une qualité du lait apte à la transformation fromagère.

## Remerciements

Nous tenons à remercier le Directeur Général de la Fromagerie Sidi-Saada pour sa bonne collaboration à la réussite de cette étude, l'ensemble du personnel du laboratoire des sciences et techniques de production animales et la DGRSDT pour sa contribution à l'épanouissement de la recherche scientifique en Algérie.

## Références :

- [1] Hurtaud C, Buchin S, Matin B, Verdier-Metz I, Peyraud JL et Noël Y, (2001). La qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation : quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques. Renc. Rech. Ruminants, n°8, pp: 35-42.
- [2] Pougheon S, (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière .thèse de doctorat spécialité vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.102p.
- [3] Sanchez MP, Wolf V, Laithier C, El Jabri M, Beuvier E, Rolet-Répécaud O, Gaudillière N, Minéry S, Ramayo-Caldas Y, Tribout T, Michenet A, Boussaha M, Taussat S, Fritz S, Delacroix-Buchet A, Groperrin P, Brochard M, Boichard D, (2019).Analyse génétique de la « fromageabilité » du lait de vache prédicté par spectrométrie dans le moyen infrarouge en race Montbéliarde. Vol. 32 No. 3 : 379-398.

- [4] Grelet C, Froidmont E, Rondia P, Dehareng F, Sinnaeve G, (2013). Influence de l'alimentation des vaches laitières sur la fromageabilité du lait. Centre Wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W), 24 Chaussée de Namur, 5030 Gembloux, Belgique Renc. Rech. Ruminants.20(1) :115-116p
- [5] Vignola CL et Amiot J, (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-600.
- [6] Cauty I, et Perreau JM, (2009). Conduite du troupeau bovin laitier. Production, Qualité Rentabilité. Collection produire mieux .2<sup>ème</sup> édition France Agricole. 334 p
- [7] Alais C, (1982). Science du lait - principes des techniques laitières. Paris, Editions Sepaic. 4<sup>éd</sup> : 814 pages
- [8] Lij D et Daligleish G, (2006). Mixed coagulation of milk – gel formation and mechanism, J. Agric. Food Chem. 54, 4687-4695.
- [9] Eck A et Gillis JC, (2006). Le fromage. 3<sup>ème</sup> édition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.
- [10] FAO/OMS. (1999), CODEX STAN 206-1999. Code de principes concernant le lait et les produits laitiers. Rome, 258p.
- [11] Laithier C, Wolf V, Brochard M, Sanchez MP, Gaudillière N, Minéry S, Fritz S, Gavoye S, Gaüzère Y, Rolet-Répécaud O, Notz E, Bouton Y, Boichard D, Groperrin P, Delacroix-Buchet A, (2020). FROM'MIR : Développer des outils de prédiction et de conseil pour maîtriser la fromageabilité des laits destinés à la fabrication des fromages traditionnels. Innovations Agronomiques.79 (2020) : 227-244.
- [12] Jakob E, Winkler H, Schaeren W, Amrein R, et Geinoz M, (2011). La qualité du lait cru un défi permanent. Edition Agroscope Liebefeld-Posieux forum n°78 f.pp :5- 17.
- [13] Colinet FG, Troch T, Bossche SV, Dardenne P, (2013). Étude de la variabilité des aptitudes à la transformation laitière en Région wallonne basée sur l'utilisation de la spectrométrie infrarouge. ARC-W & GxABT - Carefour Productions animales .2013(1) : 86-92
- [14] Tir EH, Bounoua S, Heddar M, Boukila S, (2015). Étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie). ElWahat pour les Recherches et les Etudes Vol.8 n °2 (2015) : 26 - 33
- [15] Bousbia A, Boudalia S, Gueroui Y, Belaize B, Meguelati S, Amrouchi M, Ghebache R, Belkheir B, Benidir M, (2018). Nutritional and hygienic quality of raw milk intended for consumption in the region of Guelma, Algeria. Asian journal of Dairy and food research . 37(3), 192-196
- [16] Matallah S, Matallah F, Djedidi J, Mostefaoui KN et Boukhris R, (2019). Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien. <https://www.researchgate.net/publication/331159491.10p>
- [17] Remane Benmalem R, Bellal MM, Nouani A, (2016). Influence de quelques paramètres de production sur la qualité physico-chimique et technologique du lait de vache dans les zones de plaines du haut chelif en Algérie. Nature and Technology Revue .N°15 :09-13
- [18] Perreau JM, (2014). Conduire son troupeau de vaches laitières. 2<sup>ème</sup> ed. Agriproduction France Agricole. , France. 405p.
- [19] Cremo M, (2003). Problèmes de qualité du lait ? – Causes possibles et mesures à prendre. Brochure 1<sup>ère</sup> édition Paris. 3p.
- [20] FIL (Fédération Internationale du Lait) Référence ISO 707/ F.I.L (2018). Normes définies pour les analyses microbiologiques et chimiques des laits et des produits laitiers. Rome, 358p.



**REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Sciences techniques**

ISSN : 2661-7064  
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



## Le parfum : du naturel au synthétique

Diaf Ilhem\*<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Université Chadli Bendjedid El Tarf, Faculté des Sciences et de la Technologie, El Tarf, Algérie.

Informations	Résumé
<p><b>Mots clés :</b>                      Parfum                      Molécules odorantes                      Synthèse chimique</p> <p><b>*Correspondance :</b>                      ilhemdiaf@rocketmail.com</p>	<p>La préparation des parfums a reçu depuis l'antiquité un regain d'intérêt considérable. Les parfumeurs ont ainsi développé différentes méthodes de préparation de parfums et des formules secrètes très raffinées ont été également élaborées. Cependant, le coût élevé de la matière première ainsi que les éventuels problèmes de purification sont les inconvénients majeurs des méthodes traditionnelles de préparation de parfums. De nos jours la préparation de ces derniers est devenue plus aisée, en effet, la synthèse chimique a pris le relais, de nombreux fragrance naturels ont été reproduits dans les laboratoires et de nouvelles molécules odorantes synthétiques ont fait leur apparition.</p>

### 1. Introduction

Le mot parfum [1] vient du latin « per fumum » qui signifie par la fumée [2], probablement dû au fait que les premières senteurs résultaient de la fumigation de plantes ou d'autres substances aromatiques naturelles. Dès l'Antiquité, le parfum était présent dans les populations. Ces dernières se servaient des végétaux, des fleurs et des plantes aromatiques, ainsi que de toutes substances naturelles parfumée pour composer leurs fragrances et les utilisés en l'honneur des divinités, mais l'homme ne s'en est pas privé, et le parfum fut portés par les populations, peu importait leur rang social. Au fil des siècles, le parfum a été mis plutôt au service de la coquetterie et des soins de beauté. Pour contourner le problème du coût élevé et de la faible disponibilité des matières premières odorantes, la recherche de méthodes alternatives de préparation d'odorants est devenue une nécessaire afin de pouvoir satisfaire la demande mondiale. La synthèse chimique des molécules odorantes s'est avérée le meilleurs alternatif aux méthodes traditionnelles de préparation de parfums car elle permet non seulement de reproduire des odeur naturelles mais aussi de proposer des substituts à des odeurs dangereuses ou difficilement accessibles. De nos jours, la synthèse de molécules odorantes fait partie des projets de recherches développés au laboratoire.

### 2. Les molécules odorantes naturelles

Depuis l'antiquité la nature constitue la source unique d'odorants. En effet, les premières

senteurs provenaient essentiellement de sources végétales ou animales [3].

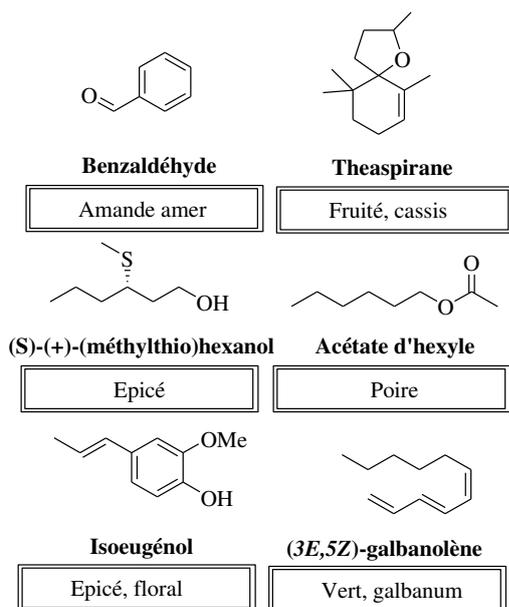
Le règne végétal est la source la plus large et diversifiée de substances aromatiques. Différentes parties de la plante peuvent servir de matières premières en parfumerie telles que : les fruits (carambole, poivre, orange), les racines (vétiver, angélique), les feuilles (patchouli), les grains (anis, cardamome, carvi), les écorces (cannelle), les fleurs (lavande, jasmin, rose, pélargonium) ou le bois (santal, cèdre).

Le règne animal constitue également une source importante d'odorants. En effet, les sécrétions de certains animaux sont nettement odorantes. Le musc, l'ambre gris, la civette et le castoréum par exemple, constituent quatre sources traditionnelles de parfum. Cependant, et afin de protéger la biodiversité animale, l'utilisation de parfums d'origine animale est maintenant strictement limitée et des analogues synthétiques ont été ainsi développés et mis sur le marché.

### 3. Les molécules odorantes et la perception des odeurs

Toutes les odeurs sont véhiculées par des molécules. Avoir une odeur n'est pas limitée à des fonctions chimiques précises. Les molécules odorantes peuvent contenir des esters, des acides, des thiols, des aldéhydes, des cétones ou également des hydrocarbures (**Fig.1**). Cependant, certaines propriétés sont requises pour qu'une molécule ait une odeur telle que la volatilité et par conséquent il une pression de vapeur élevée, une polarité faible et un poids moléculaire modéré. De plus, une certaine

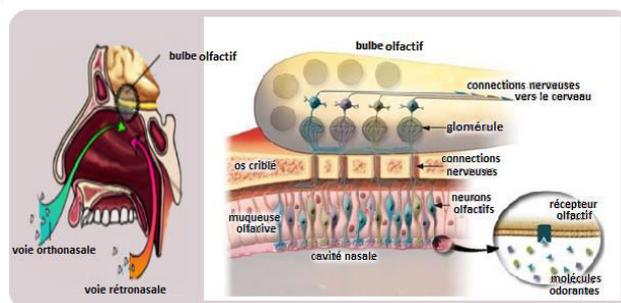
solubilité dans l'eau et un caractère lipophile élevé sont également requis [4].



**Fig. 1 :** Molécules odorantes ayant des fonctions chimiques différentes.

La sensation olfactive est un phénomène complexe, différentes théories ont vu le jour afin d'expliquer la relation entre la molécule odorante et les récepteurs olfactifs. Cependant, ces théories ont été établies sans leur connaissance préalable [5]. Ce n'est qu'en 1991 que deux chercheurs américains, Richard Axel [6] et Linda Buck [7], ont découvert la famille de gènes des récepteurs olfactifs et des premiers niveaux de traitement de l'information par le système olfactif [8]. Ces travaux leur ont permis de recevoir le Prix Nobel de Physiologie et de Médecine en 2004.

La perception des odeurs résulte d'un ensemble d'événements cellulaires déclenchés par l'inhalation des molécules odorantes. Ces dernières sont dans un premier temps, conduites vers les récepteurs olfactifs par le biais de protéines de transport. La perception des odeurs se fait ensuite par l'intermédiaire de protéines réceptrices tapissant la muqueuse olfactive située dans la partie supérieure des fosses nasales. La fixation réversible des molécules inhalées sur ces récepteurs, active une protéine intracellulaire dite protéine G. Ceci induit une cascade d'événements permettant de transmettre le message chimique vers le cerveau (bulbe olfactif) pour que ce dernier puisse attribuer une description olfactive à l'odeur perçue [9] (Fig. 2).

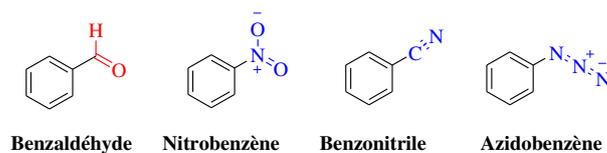


**Fig. 2 :** Anatomie du système olfactif et perception des odeurs

### 3. Relation structure-odeur

Bien que cette relation reste difficile à mettre au clair, les études effectuées dans ce contexte ont permis d'établir des liens entre la structure d'une molécule et son odeur. Il s'agit de dégager les motifs structuraux nécessaires à une réponse olfactive donnée. Hans Rupe et Karl Majewski en 1900 ont instauré la notion de groupement osmophile. Ce dernier présente la partie polaire d'une molécule qui peut établir des interactions de type liaison hydrogène ou Van der Waals avec les récepteurs olfactifs. La présence de ces groupements semble indispensable pour prévoir une odeur. Un groupement osmophile peut être un carbonyl, un ester, un alcool, un éther ou d'autres groupements fonctionnels comme une liaison multiple.

Ces fonctions sont interchangeables sans affecter les propriétés sensorielles de la molécule tant que les interactions entre cette dernière et le récepteur sont maintenues. Le benzaldéhyde par exemple, présente une note d'amande amère qui est maintenue en passant d'une fonction aldéhyde (l'osmophile) à une fonction nitrile, azoture ou également nitro (Fig.3).

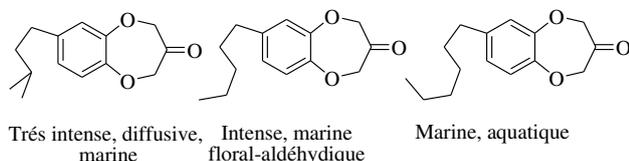


**Fig. 3 :** Molécules ayant une note d'amande amère.

Le concept d'olfactophore a été également introduit. Ce dernier est similaire au concept de pharmacophore en pharmacologie. Alors que le pharmacophore présente une partie essentielle d'une molécule biologiquement active, l'olfactophore est la partie structurale d'une molécule qui détermine son odeur. Ce concept a contribué dans l'avancement de la chimie des parfums et de nombreuses molécules odorantes ont été synthétisées en se basant sur des modèles d'olfactophores [10].

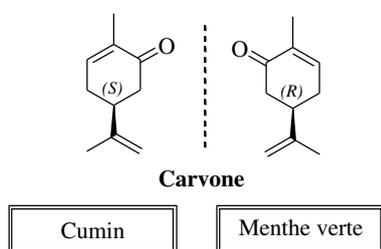
Dans ce contexte, Kraft et coll. [11], ont développé une série de molécules à odeur marine (Fig.4).

L'intensité de la tonalité olfactive de ces molécules a pu être modulée en jouant sur les substitutions. La corrélation entre la structure chimique des molécules synthétisées et leurs notes olfactives a permis aux auteurs d'établir un modèle olfactophore de l'odeur marine.



**Fig. 4 :** Molécules à odeur marine développées par Kraft et coll.

La structure étant un facteur déterminant des notes olfactives des molécules, sa moindre modification peut avoir un grand impact sur l'odeur. Ainsi la stéréochimie d'une molécule peut avoir un impact sur son odeur. En effet, quatre scénarios sont susceptibles de se produire en inhalant un odorant chiral [12] : seulement un des énantiomères est odorant, les deux énantiomères ont les mêmes propriétés sensorielles, les deux énantiomères sentent la même odeur avec des intensités différentes ou les deux énantiomères ont des propriétés sensorielles différentes. La carvone est un exemple souvent cité pour illustrer ce phénomène. Alors que la (S)-carvone possède une odeur de cumin, la (R)-carvone présente une note de menthe verte (Fig.5).

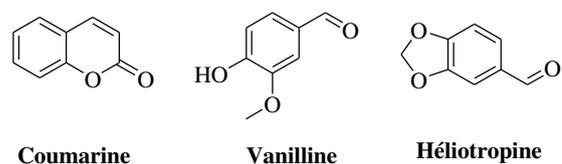


**Fig. 5 :** Odeurs des deux énantiomères de la carvone.

#### 4. Synthèse de molécules odorantes

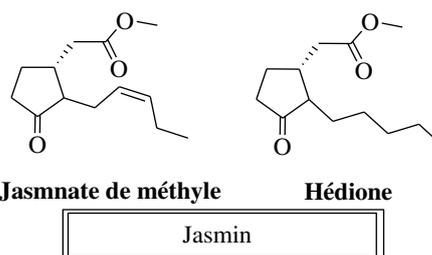
La synthèse organique a contribué de manière considérable à l'enrichissement du répertoire de molécules odorantes -notamment après les progrès réalisés dans l'instrumentation analytique- en offrant la possibilité de reproduire des odeurs naturelles, d'en générer d'autres par modification structurale ou même d'élaborer des molécules nouvelles et originales [13].

Le 2H-1-benzopyran-2-one appelé trivialement "coumarine" isolée à partir des fèves tonka en 1850, fut la première molécule odorante reproduite en laboratoire en 1868 par le chimiste anglais William H. Perkin. Un peu plus tard, la vanilline (1869) et l'héliotropine (1877) ont été aussi synthétisées (Fig. 6).



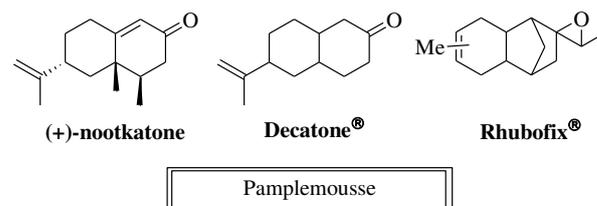
**Fig. 6 :** Molécules odorantes naturelles produites par synthèse.

Le jasmonate de méthyle, une molécule naturelle isolée en 1957, est caractéristique de l'essence de l'absolu de jasmin [14]. Sa synthèse étant difficile, afin de répondre aux besoins des marchés, l'hédione, un analogue synthétique plus facilement accessible, ayant des propriétés sensorielles proches a été produit (Fig.7).



**Fig. 7 :** L'hédione, substitut du jasmonate de méthyle.

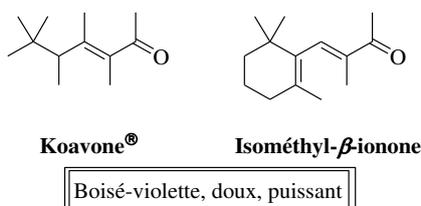
La (+)-nootkatone [15], le prototype de l'odeur de pamplemousse, a été isolée pour la première fois en 1962 du cyprès de nootka. Sa synthèse étant peu rentable et non respectueuse de l'environnement [16], elle a été mimée synthétiquement par la Decatone® et le Rhubofix®, deux molécules ayant des structures proches et des propriétés sensorielles similaires (Fig. 8).



**Fig. 8 :** La (+)-nootkatone et ses analogues synthétiques utilisés en parfumerie.

Malgré tout le progrès réalisé dans le domaine des parfums et la perception des odeurs, l'établissement d'une relation concrète entre la structure et l'odeur reste difficile, les études effectuées dans ce contexte, notamment le concept d'olfactophore, ont permis aux chimistes de procéder à la conception de nouvelles molécules odorantes.

La Koavone® fut la première molécule issue de la modélisation moléculaire. Elle présente des notes olfactives similaires à celles de l'isométhyl-β-ionone (Schéma. 9).



**Fig. 9** : Koavone®, première molécule odorante conçu par modélisation moléculaire.

## 5. Conclusion

La chimie des odorants ne cesse pas d'évoluer. Après le développement des acquis sur le sens de l'odorat et la perception des odeurs, la préparation des parfums est devenue plus aisée. La synthèse chimique des molécules odorantes est devenue ainsi un concurrent sérieux aux méthodes traditionnelles de production de parfums. Les parfumeurs comptent de plus en plus sur la synthèse organique pour créer des notes nouvelles et originales. Les parfumeries concourent aujourd'hui à la découverte de nouveaux odorants et consacrent d'importantes ressources à la recherche dans ce domaine.

## Références :

- [1] Le parfum désigne une substance odorante à usage externe perçue directement par la voie orthonasale.
- [2] C. Donzel, Le parfum, Editions du Chêne-Hachette livre, 2000.
- [3] B. Boullard, La nature des arômes et parfums, chef d'œuvre du monde vivant, Edit. ESTEM, Paris, 1995
- [4] La molécule odorante ayant la masse moléculaire la plus grande connue jusqu'à nos jours est le musc linéaire (C<sub>20</sub>H<sub>36</sub>O<sub>3</sub>, M= 324.50 g/mol).
- [5] U. J. Meierhenrich, J. Golebiowski, X. Fernandez, D. Cabrol-Bass, Angew. Chem. Int. Ed. 2004, 43, 6410.
- [6] Nobel lecture : [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2004/axel-lecture.pdf#search='nobel+lecture+Richard+Axel'](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2004/axel-lecture.pdf#search='nobel+lecture+Richard+Axel')
- [7] Nobel lecture : [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2004/buck-lecture.pdf#search='nobel+lecture+linda+buck'](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2004/buck-lecture.pdf#search='nobel+lecture+linda+buck')
- [8] L. Buck, R. Axel, Cell, 1991, 65, 175.
- [9] Pierre Laszalo, Sylvestre Rivière, Les sciences de parfums, Presses Universitaire de France, Vendôme, 1997.
- [10] P. Kraft, J. A. Bajgrowicz, C. Denis, G. Fráter, Angew. Chem. Int. Ed., 2000, 39, 2980.
- [11] P. Kraft, W. Eichenberger, Eur. J. Org. Chem., 2003, 19, 3735.
- [12] (a) G. Ohloff, W. Pickenhagen, P. Kraft, Scent and Chemistry, The molecular world of odor, WILEY-VCH, Zürich, 2012. (b) J. C. Brookes, A. P. Horsfield, A. M. Stoneham, J. R. Soc. Interface, 2009, 6, 75.
- [13] V. Babet, P. Breese, N. Guichard, C. Lecoquierre, J.-M. Lehu, R. Van Heems, Le marketing olfactif, Les Presses du Management, Paris, 1999.
- [14] E. Demole, E. Lederer, D. Mercier, Helv. Chim. Acta., 1962, 45, 675.
- [15] H. Erdtman, Y. Hirose, Acta Chem. Scand., 1962, 16, 1311.

- [16] T. Wriessnegger, P. Augustin, M. Engleder, E. Leitner, M. Müller, I. Kaluzna, M. Schürmann, D. Mink, G. Zellnig, H. Schwab, H. Pichler, Metab. Eng., 2014, 24, 18



## Application of Friedel-Crafts acylation of 2(3*H*)-benzoxazolone and 2(3*H*)-benzothiazolone using AlCl<sub>3</sub> supported on silica gel under solvent-free conditions

Guenadil Faouzi <sup>a\*</sup>, Belaid Soraya <sup>a</sup> and Zerniz Nawal <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Chemistry Department, University of Chadli Bendjedid El Tarf-36000, Algeria.

Informations	Abstract
<p><b>Keywords :</b></p> <p>silica gel-AlCl<sub>3</sub>                      2(3<i>H</i>)-benzothiazolone                      2(3<i>H</i>)-benzoxazolone                      Friedel-Crafts reaction                      solvent free conditions</p> <p><b>*Correspondance :</b>                      guendouda@yahoo.fr</p>	<p>Catalytic Friedel–Crafts acylation of 2(3<i>H</i>)-benzoxazolone and 2(3<i>H</i>)-benzothiazolone has been achieved using aluminum chloride (AlCl<sub>3</sub>) supported on silica gel as catalyst under solvent free conditions. The obtained Ketones were characterized and confirmed by physical and spectroscopic data. The catalyst is recyclable and stable at room temperature, and the reaction protocol is simple, cost-effective, and gives good isolated yield with high purity.</p>

### 1. Introduction

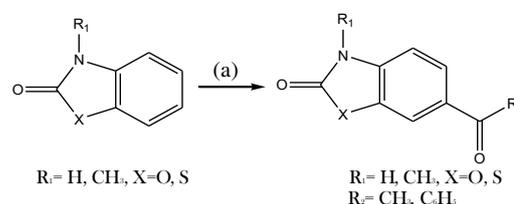
The 6-acyl-2(3*H*)-benzoxazolones and 6-acyl-2(3*H*)-benzothiazolones derivatives in particular which exhibit analgesic and anti-inflammatory properties, are an important intermediates and building block in organic synthesis, and they constitute the basis of pharmacological development in the design of new pharmacophores [1-4]. Due to their wide range of applications, the syntheses of these derivatives by Friedel–Crafts acylation (FC) reaction, have received a great deal of attention [5-10].

A lot of most straight forward protocols, such as polyphosphoric acid (PPA), and Lewis acids such as AlCl<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub> and FeCl<sub>3</sub> which are used in *N,N*-dimethylformamide as solvent using the mostly acylating agents, organic acids, acid anhydrides or acid chlorides have been reported [11-17]. However, they have intrinsic limitations such as, the use of a large excess of the catalysts, the reactivity substrate requirement and the fact that recovery and recycling of the catalyst is seldom possible after aqueous work-up, and a large amount of toxic waste which is generated [17].

In recent years, the use of heterogeneous catalysts has received considerable attention in different areas of organic synthesis because of their

easiness of handling, enhanced reaction rates, greater selectivity, simple workup, and recoverability of catalysts [18-24]. On the other hand, acylation of 2(3*H*)-benzoxazolone and 2(3*H*)-benzothiazolone in such conditions has not been reported till now.

In order to determine the scope of heterogeneous catalysts for the synthesis of 6-acyl derivatives, we decided to explore the Friedel-Crafts reaction of 2(3*H*)-benzoxazolone and 2(3*H*)-benzothiazolone with acid chlorides using aluminum chloride supported on silica gel as a catalyst SiO<sub>2</sub>-AlCl<sub>3</sub> (Fig.1) [25, 26].



**Fig.1:** regioselectivity in the FC acylation of 2(3*H*)-benzoxazolone, 2(3*H*)-benzothiazolone, SiO<sub>2</sub>-AlCl<sub>3</sub>, 85°C.

### 2. Materials and methods

#### 2.1 Measurements

Melting points were determined in open capillary tubes using an Electro thermal melting point apparatus. IR spectra were recorded on a Perkin-Elmer 457 spectrometer using KBr pellets. Wave numbers are expressed in  $\text{cm}^{-1}$ .  $^1\text{H}$ - and  $^{13}\text{C}$ -NMR spectra were recorded at ambient temperature on a Bruker 400 spectrometer. Compounds were dissolved in  $\text{DMSO}-d_6$ . Chemical shifts are expressed in the  $\delta$  scale with TMS as internal standard. Thin layer chromatography analyses were performed on Merk TLC plates (silica gel, 60 F254, E. Merk, Darmstadt, ref. 5735).

$\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  catalyst was prepared as reported in a previous publications by reacting silica gel with aluminium trichloride in refluxing carbon tetrachloride [25-26].

Anhydrous  $\text{AlCl}_3$  (5g) was added to silica gel (Merck, grade 60, F254, E. Merk, washed with 1 M HCl and dried under vacuum at  $80^\circ\text{C}$  for 72h, 10g) in carbon tetrachloride (30 mL). The mixture was stirred using a magnetic stirrer under reflux conditions for 2 days and filtered and washed with 50 mL of dry  $\text{CCl}_4$ , and then dried under vacuum at  $60^\circ\text{C}$ . The determined loading of  $\text{AlCl}_3$  was 1.3 mmol/g [27]

## 2.2. General Procedure for the F.C acylation of 2(3H)-benzoxazolone and 2(3H)-benzothiazolone using $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$ catalyst.

(0.03 mol) of  $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  catalyst were placed in a round bottom flask (250 mL). The flask was then equipped with a mechanical stirrer. The acylating agent (0.03 mol) was then added dropwise over 10 min. The flask was then placed in an oil bath thermostated at  $45^\circ\text{C}$ . The 2(3H)-benzoxazolone or 2(3H)-benzothiazolone (0.02 mol) was slowly added to ensure the formation of an homogeneous paste. The temperature was subsequently raised to  $85^\circ\text{C}$ . The reaction time is reported in Table-1. The products were isolated by addition of  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , stirred for 1h and filtered. The filtrate was washed with an aqueous solution of sodium bicarbonate and water, concentrated, dried, and recrystallized from ethanol to give the corresponding ketone. The yields are reported in Table-2. The physical properties (Mp, IR,  $^1\text{H}$ -NMR and  $^{13}\text{C}$ -NMR) are in accordance with published data [13, 14].

**6-Acetyl-2(3H)-benzoxazolone(1).** Yield: 61%; m.p.  $226\text{-}228^\circ\text{C}$ ; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ ) v: 3159 (NH), 1783 (CO), 1660 (CO), 1613 (C=C).  $^1\text{H}$ -NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 2.54 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 7.19 (d, 1H,  $J=8.03$  Hz, Ar), 7.76 (s,

1H, Ar), 7.84 (d, 1H,  $J=7.90$  Hz, Ar), 12.10 (s, 1H, NH);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ , 400 MHz): 26.37, 111.67, 123.41, 123.86, 127.60, 131.53, 140.18 (aromatic carbons), 170.36 (CO), 196.08 (CO).

### 6-Acetyl-3-methyl-2(3H)-benzoxazolone(2).

Yield: 63%; m.p.  $165\text{-}167^\circ\text{C}$ ; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ ) v: 2935 ( $\text{CH}_3$ ), 1765 (CO), 1674 (CO), 1600 (C=C).  $^1\text{H}$ -NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 2.57 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 3.38 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 7.37 (d, 1H,  $J=7.90$  Hz, Ar), 7.86 (s, 1H, Ar), 7.91 (d, 1H,  $J=7.89$  Hz, Ar);  $^{13}\text{C}$ -NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ , 400 MHz): 26.54, 28.30, 108.63, 108.89, 125.38, 131.42, 135.99, 141.88 (aromatic carbons), 154.13 (CO), 196.33 (CO).

**6-Benzoyl-2(3H)-benzoxazolone (3).** Yield: 68%; m.p.  $169\text{-}170^\circ\text{C}$ ; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ ) v: 3140 (NH), 1780 (CO), 1640 (CO); 1610 (C=C).  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 7.22 (d, 1H,  $J=7.99$  Hz, Ar), 7.54-7.72 (m, 7H, Ar), 12.07 (s, 1H, NH);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ ): 107.75, 108.81, 125.74, 126.95, 127.84, 129.31, 130.76, 133.22, 135.89, 141.67 (aromatic carbons), 152.82 (CO), 192.82 (CO).

### 6-Benzoyl-3-methyl-2(3H)-benzoxazolone(4).

Yield: 71%; m.p.  $147\text{-}148^\circ\text{C}$ ; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ ) v: 2938 ( $\text{CH}_3$ ), 1760 (CO), 1645 (CO), 1600 (C=C).  $^1\text{H}$ -NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 3.35 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 7.28 (d, 1H,  $J=7.98$  Hz, Ar), 7.40-7.73 (m, 7H, Ar);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ , 400 MHz): 28.28, 108.50, 110.25, 127.17, 128.45, 129.35, 131.01, 132.31, 135.80, 137.28, 141.68 (aromatic carbons), 153.99 (CO), 194.26 (CO).

**6-Acetyl-2(3H)-benzothiazolone(5).** Yield: 64%; m.p.  $189\text{-}191^\circ\text{C}$ ; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ ) v: 3198 (NH), 1662 (CO), 1648 (CO), 1618 (C=C).  $^1\text{H}$ -NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 2.52 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 7.17 (d, 1H,  $J=7.78$  Hz, Ar), 7.87 (s, 1H, Ar), 8.18 (d, 1H,  $J=7.89$  Hz, Ar), 12.12 (s, 1H, NH);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ , 400 MHz): 26.37, 111.67, 123.41, 123.86, 127.60, 131.53, 140.18 (aromatic carbons), 170.36 (CO), 196.08 (CO).

### 6-Acetyl-3-methyl-2(3H)-benzothiazolone(6).

Yield: 66%; m.p.  $145\text{-}146^\circ\text{C}$ ; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ ) v: 2934 ( $\text{CH}_3$ ), 1668 (CO), 1643 (CO), 1595 (C=C).  $^1\text{H}$ -NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ )  $\delta$ : 2.53 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 3.46 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 7.36 (d, 1H,  $J=7.78$  Hz, Ar), 7.94 (s, 1H, Ar), 8.01 (d, 1H,  $J=7.86$  Hz, Ar);  $^{13}\text{C}$ -NMR ( $\text{DMSO}-d_6$ , 400 MHz): 26.39, 29.12, 110.88, 121.53, 123.17, 127.84, 131.89, 141.12 (aromatic carbons), 169.17 (CO), 196.12 (CO).

**6-Benzoyl-2(3H)-benzothiazolone(7).**Yield: 72%; m.p.  $216\text{-}217^\circ\text{C}$ ; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ ) v: 3240 (NH), 1667 (CO), 1638 (CO), 1618 (C=C).  $^1\text{H}$ -NMR ( $\text{DMSO}-$

$d_6$ )  $\delta$ : 7.24 (d, 1H,  $J$ = 7.88 Hz, Ar), 7.70-7.95 (m, 7H, Ar), 12.19 (s, 1H, NH);  $^{13}\text{C}$  NMR (DMSO- $d_6$ , 400 MHz): 111.35, 123.61, 124.84, 128.61, 128.96, 129.41, 131.38, 132.32, 137.37, 140.22 (aromatic carbons), 170.34 (CO), 198.71 (CO).

### 6-Benzoyl-3-methyl-2(3H)-benzothiazolone(8).

Yield: 75%; m.p. 147-148°C; IR (KBr,  $\text{cm}^{-1}$ )  $\nu$ : 2927 (CH<sub>3</sub>), 1677 (CO), 1650 (CO), 1610 (C=C).  $^1\text{H}$ -NMR (DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 3.50 (s, 3H, CH<sub>3</sub>), 7.53 (d, 1H,  $J$ = 7.99 Hz, Ar), 7.70-7.85 (m, 7H, Ar);  $^{13}\text{C}$  NMR (DMSO- $d_6$ , 400 MHz): 29.27, 111.90, 121.79, 124.74, 128.93, 129.46, 131.81, 132.44, 137.28, 141.16, 141.72 (aromatic carbons), 169.39 (CO), 194.46 (CO).

### 3. Résultats et discussion

In order to get the best experimental condition; we initiated our studies with the  $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  catalyst promoted reaction between benzoyl chloride, 2(3H)-benzoxazolone and (3H)-benzothiazolone with stirring at 85°C as a standard model reactions. In the course of systematic study and to verify the efficiency of catalyst loading, we have investigated the effect of the amount of  $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  on the reaction. The ratio acid chloride/substrate was kept constant at 3/2, which is the optimal value found empirically and documented in previous publications [13-17].

**Table.1:** the effect of  $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  on the synthesis of (6-benzoyl derivatives under solvent free conditions.

Entry	X	Catalyst (mol)	benzoyl chloride	Reaction time (h)	Yields (%)
1	O	0,01	0,03	3,5h	45
2	O	0,02	0,03	3,5h	62
3	O	0,03	0,03	3,5h	68
4	S	0,01	0,03	3h	52
5	S	0,02	0,03	3h	69
6	S	0,03	0,03	3h	75

From the results given in the table-1, the present procedure afforded 6-benzoyl-2(3H)-benzoxazolone (**3**) and 6-benzoyl-2(3H)-benzothiazolone (**6**) in good yields, when the amount of  $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  was 0.03 mol as the optimum catalyst concentration in the benzoylation reaction for two equivalents of 2(3H)-benzothiazolone and

2(3H)-benzoxazolone and three equivalents of benzoyl chloride.

It is important to note that, the influence of reaction temperature was investigated. It has been shown that the reaction temperature has a significant effect on the yield of 6-benzoyl derivatives (**3**, **6**). The yield diminished sharply when the reaction temperature increased from 90 °C to 120°C due probably to sublimation of substrates [16].

Encouraged by these preliminary results, a number of 6-acyl-2(3H)-benzoxazolones and 6-acyl 2(3H)-benzothiazolones (**1-8**) were synthesized in excellent yields catalyzed by  $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  using 2(3H)-benzoxazolone and 2(3H)-benzothiazolone and their *N*-methyl derivatives with acetyl and benzoyl chlorides (Table 2).

**Table. 2:** 6-acyl derivatives under optimized conditions.

Entry	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	X	Yields (%)
1	H	CH <sub>3</sub>	O	61
2	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	O	63
3	H	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	O	68
4	CH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	O	71
5	H	CH <sub>3</sub>	S	64
6	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	S	66
7	H	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	S	72
8	CH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	S	75

The reusability of  $\text{SiO}_2\text{-AlCl}_3$  catalyst on the F.C reaction was also studied on the case of 2(3H)-benzoxazolone and 2(3H)-benzothiazolone with benzoyl chloride. At the end of the reaction, the catalyst was separated by filtration, thoroughly washed with ethyl acetate and reused under similar conditions. As shown by the formation of 6-benzoyl derivatives (**3**, **7**), there was an appreciable loss in the activity under the reuse of this catalyst (81% on the second run for 4h and 58% on the third run for 5h. This is expected mostly because the active catalyst component in the entire treatment process was diminished [25].

### 4. Conclusion

In conclusion, we have developed a convenient method in heterogeneous catalysis using  $\text{AlCl}_3$  supported on silica gel for the acylation of 2(3*H*)-benzoxazolone and 2(3*H*)-benzothiazolone. The advantages of this methodology are easy separation by a simple filtration process, high yields and low costs of catalyst deserve to be reported. Finally, the catalyst recovered after reaction can be washed with a solvent and reused after filtration without change in its efficiency.

## Référence :

- [1] Poupaert, J.H., Carato, P., Colacino, E. (2005) 2(3*H*)-Benzoxazolone and bioisosters as "Privileged Scaffold" in the design of pharmacological probes. *Current. Med. Chem.*, 12 : 877-885.
- [2] Aichaoui, H., Guenadil, F., Kapanda, C. N., Didier, M.L., McCurdy, Ch. R., Poupaert, J.H. (2009) Synthesis and pharmacological evaluation of antioxidant chalcone derivatives of 2(3*H*)-benzoxazolones. *Med. Chem. Research*, 18 : 467-476.
- [3] Yous, S., Poupaert, J.H., Chavatte, Ph., Caignard, B. J.G. Espiard, D.H., Lesieur, D. (2001) Synthesis and pharmacological evaluation of analgesic 6-substituted 2(3*H*)-benzothiazolones. *Drug. Desig. Disc.*, 17: 331-336.
- [4] Guenadil, F., Aichaoui, H., Kapanda, C.N., Didier, L., McCurdy, Ch. R., Poupaert, J.H. (2011) Design and synthesis of 3-acyl-2(3*H*)-benzoxazolone and 3-acyl-2(3*H*)-benzothiazolone derivatives. *Monatsh Chem.*, 142 : 67-80.
- [5] Diouf, O., Carato, P., Lesieur, I., Rettori, M.C., Caignard, D.H. (1999) Synthesis and pharmacological evaluation of novel 4-(4-fluorobenzoyl)piperidine derivatives as mixed 5-HT<sub>1A</sub>/5-HT<sub>2A</sub>/D<sub>2</sub> receptor ligands. *Eur. J. Med. Chem.*, 34 : 69-73.
- [6] Lesieur, D., Carato, P., Bonte, J.P., Depreux, P., Caignard, D.H., Millan, M., Newman-Tancredi, A., Renard, P., Rettori, M.C. (1998) Preparation of Piperazinyl methylbenzothiazolinones, Benzoxazolinones, Benzoxazinones, and Related Compounds as Central Nervous System Agents. *Eur. Patent*, EP : 841330.
- [7] Carato, P., Depreux, P., Lesieur, D., Millan, M., Newman-Tancredi, A., Rettori, M.C., Caignard, D.H. (2000) Synthesis and binding studies on a new series of arylpiperazino benzazol-2-one and benzoxazin-3-one derivatives as selective D<sub>4</sub> ligands. *Drug. Design. Disc.*, 17 : 173-181.
- [8] Lesieur, D., Delmas, E., Yous, S., Depreux, P., Guillaumet, G., Dacquet, C., Levens, N., Boutin, J., Bennejean, C., Renard, P. (2001) Preparation of Novel Heterocyclic Derivatives and Pharmaceutical Composition Containing Them as Hypoglycemic Agents. *French Patent*, FR :2804431.
- [9] Lesieur, D., Blanc-Delmas, E., Bennejean, C., Chavatte, P., Guillaumet, G., Dacquet, C., Levens, N., Boutin, J., Renard, P. (2003) Preparation of Azolylalkyl phenylalkylindolinones as Hypoglycemic Andhyrolipidemic Agents. *French Patent*, FR : 2830012.
- [10] Urbain, C.K., Fernand, A.G., Pascal, C., McCurdy, Ch. R., Poupaert, J.H. (2015) Synthesis and Antiepileptic Activity Assessment of 5-Benzoyloxindole, a Novel Phenytoinergic Template. *Org. Chem. Curr. Res.*, 4 :1-4.
- [11] Bonte, J.P., Lesieur, D., Lespagnol, Ch., Plat, M., Cazin, M. (1974) 6-Acyl-benzoxazolinones. *Eur. J. Med. Chem.*, 9 :491-496.
- [12] Aichaoui, H., Poupaert, J.H., Lesieur, D., Henichart, J. P. (1991) Regioselectivity in the *C*-acylation of 2(3*H*)-benzoxazolones. *Tetrahedron*, 47: 6649-6654.
- [13] Aichaoui, H., Lesieur, D., Henichart, J.P. (1992) A convenient and efficient method for the preparation of 6-Acyl-2(3*H*)-benzoxazolones. *J. Heterocyclic. Chem.*, 29:171-175.
- [14] Yous, S., Poupaert, J.H., Lesieur, I., Depreux, P., Lesieur, D., (1994)  $\text{AlCl}_3$ -DMF reagent in the Friedel-Crafts reaction. Application to the acylation reaction of 2(3*H*)-benzothiazolones. *J. Org. Chem.* 59 :1574.
- [15] Guenadil, F., Liacha, M., Aichaoui, H. (2002) Benzoylation of 2(3*H*)-benzothiazolones in the Presence of 8 Equivalents of Zinc Chloride in *N,N*-dimethylformamide. *Phos. Sulf. Silicon.*, 177: 2633-2638.
- [16] Guenadil, F., Aichaoui, H. (2003) Study of the Acylation Reaction of 2(3*H*)-Benzothiazolones in the Mixture of  $\text{ZnCl}_2$ -DMF. *Phos. Sulf. Silicon.*, 178 : 1703-1708.
- [17] Guenadil, F. (2019)  $\text{FeCl}_3$ -DMF complex as efficient catalyst for the synthesis of 6-acyl-2(3*H*)-benzoxazolones and 6-acyl-2(3*H*)-benzothiazolones. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, 33(3) : 579-585.
- [18] Lemay, M., Pandarus, V., Simard, M., Marion, O., Tremblay, L., Béland, F. (2010) SiliaCat® S-Pd and SiliaCat DPP-Pd: Highly Reactive and Reusable Heterogeneous Silica-Based Palladium Catalysts. *Topics in Catalysis.*, 53 : 1059-1062.
- [19] Adeel, H., Chughtaia, B., Nazir Ahmada, B., Hussein, A., Younusa, B., Laypkovc, A., Verpoorta, F. (2014) Metal-Organic Frameworks: Versatile heterogeneous catalysts for efficient catalytic organic transformations. *Chem. Soc. Rev.*, 11:1-102.
- [20] Sharghi, H., Jokar, M., Doroodmand, M. M., Khalifeh, R. (2010) Catalytic Friedel-Crafts Acylation and Benzoylation of Aromatic Compounds Using Activated Hematite as a Novel Heterogeneous Catalyst. *Adv. Synth. Catal.*, 22 : 3031-3044.
- [21] Chung, Y. M., Kim, H. Y., Ahn, W. S. (2014) Friedel-Crafts acylation of *p*-xylene over sulfonated zirconium terephthalates. *Catalysis. Letters.*, 144 : 817-824.
- [22] Bosica, G., Abdilla, R. (2017) A regioselective one-pot aza-Friedel-Crafts reaction for primary, secondary and tertiary anilines using a heterogeneous catalyst. *Green. Chem.*, 19 : 5683-5990.

- [23] Hajipour, A. R., Nazemzadeh, S. H., Karimi, H. (2014) Friedel–Crafts acylation of aromatic compounds. Iranian Journal of Science Technology., 38: 463-71.
- [24] Liu, X., Lu, M., Wang, X., Lu, J., Yang, J. (2019) The Steric Effect in Green Benzylation of Arenes with Benzyl Alcohol Catalyzed by Hierarchical H-beta Zeolite. Catalysts., 9 : 869-886.
- [25] Boroujeni, K. P. (2010) Selective- $\beta$ -Acylation-of-2-Substituted Aromatic Heterocyclic Compounds. Turk. J. Chem., 34 : 621-630.

- [26] Boroujeni, K. P. (2010) Silica gel supported  $AlCl_3$  catalyzed Friedel-Crafts acylation of aromatic compounds. Chinese Chemical Letters., 21 : 1 395-1398.

- [27] Kolthoff, I. M., Sandell, E. B. Textbook of Quantitative Inorganic Analysis, 3rd ed., Macmillan Company, New York, 1965, 451 and 542.



**REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Sciences techniques**

ISSN : 2661-7064  
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



**Water footprint and economic water productivity of cattle dairy farms in semi-arid agro-ecological region of Mascara-Algeria**

Yerou Houari<sup>a,b</sup>, Belguerbi Benamar<sup>b</sup>, Homrani Abdelkader<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Department of Agriculture. University of Mascara 29000. Algeria

<sup>b</sup> Laboratory of Geo-sciences and sustainable development. University of Mascara. Algeria

<sup>c</sup> Laboratory LSTPA-Department of Animal Science. University of Mostaganem 27000.

Informations	Abstract
<p><b>Keywords :</b>                      Dairy farms,                      Milk yield,                      Water productivity,                      Water footprint- semi-arid.</p> <p><b>*Correspondance :</b>                      houariyerou@gmail.com</p>	<p>Our contribution takes place in a context of water scarcity in a semi-arid area of western Algeria, in order to evaluate the factors influencing water productivity in dairy cattle breeding. A follow-up during the agricultural season 2019-2020 of the practices within dairy barns belonging to two types of breeding systems (intensive and extensive) located in the region of Mascara. The evaluation indicators concern the volumetric use of water for forage biomass depending on the water source (rainfall, irrigation), the share of virtual water contained in extra-agricultural feed, the endogenous and exogenous feeding of the dairy herd and the milk yield achieved. Analysis of data indicates that productivity of fodder in dry matter differ between extensive and intensive systems with values of the order of 12520 to 17188 kg/ha (<math>p &lt; 0.05</math>) respectively. The milk yield per cow did not exceed an average value of 3680 kg (rang 3240 to 4120 kg). The mean gross margin per kilogram of milk was low, not exceeding 0.17 €. The average WF and EWP of milk recorded are 2.05 m<sup>3</sup>/kg milk and 0.07 € per m<sup>3</sup> in semi-arid region, respectively. Green and blue WF represents 57% and 18% of the total WF of milk, respectively and the virtual water with 25%. The WF of milk is dominated by feed production with 82%. Conversely, drinking and servicing water contributed 5% and 11% to the total WF of milk production, respectively. Necessary actions must be taken along the milk production process in order to improve the productivity of water for forage production and the milk which depends in large part on annual rainfall and to a lesser extent on groundwater.</p>

**1. Introduction**

Algeria is exposed to climate change and water scarcity, the impact of which on fodder production and the technical and economic performance of dairy cattle farming systems is certain. The rise in temperatures in the 20th century was of the order of 0.74 ° C globally and between 1.5 ° and 2 ° C for Algeria, more than double the global average increase, as well as a drop in rainfall of around 10 and 20% [1-2-3]. This climatic trend will necessarily have negative consequences on the already scarce water resources. Indeed, Algeria is a country that suffers from significant water stress caused by low levels of rainfall. This water scarcity will certainly be combined with an increase in increasingly strong needs. Water availability in Mediterranean region is declining due to climate change; in particular due to rising temperatures and changing precipitation patterns [4-5-6]. The water potential for Algeria is 19 billion m<sup>3</sup> /year, including 14 billion m<sup>3</sup> in the

north and 5 billion m<sup>3</sup> in Saharan areas. The availability per year and per capita is 500 to 600 m<sup>3</sup>. With regard to the standards of the World Bank, which sets the scarcity threshold at 1000 m<sup>3</sup>/year/inhabitant, Algeria is a country poor in water resources, hence the risk of scarcity of the resource in a context of climate change. A similar situation has been reported by [7-8-9], in North Africa where available water resources are heavily exploited, and where climate change could have a negative effect on the economy of these countries.

Dairy cattle breeding in semi-arid conditions are particularly interesting systems for such a study, as it involves the analysis of a series of production functions on the farm, from the use of water for fodder production, to its conversion into food biomass, through the efficiency of feed rations distributed to the herds. Very few publications are available in the literature to clarify the interaction between forage production and milk production in

semi-arid ecosystems, particularly from the point of view of water use and productivity. These complementarities must be taken into account to assess the relative pressure of the two activities on the available water resources (rainfall, surface water and groundwater).

In the context of improving the efficiency of the productivity of dairy farms with an objective of reducing the water footprint per unit of product, the evaluation of water use according to the development phases milk production in order to help breeders and those in charge of dairy sector to develop strategies to improve the efficiency of water use in a situation of climatic constraints and scarcity of water resources. In semi-arid settings, sustainable water use should be encouraged, given the current trend towards depleted groundwater [10]. This contribution deals with the evaluation of the water footprint (WF) and its economic impact on intensive and extensive dairy cattle farms in semi-arid North African ecosystems on the basis of a volumetric concept of WF water used according to the approach adopted by [11-12-13].

**2. Materials and methods**

Water footprint in dairy cattle farms was studied in semi arid south-Mediterranean conditions. The dairy farms investigated are located in the center of Mascara town. It covers 12 municipalities, with a total area of 1401 km<sup>2</sup> (27.3 % of the total area) and a density of population of 181 hab/km<sup>2</sup>. It receives on average 450 mm / year with semi arid climate. It is a rich agricultural plain, known for its rain-fed farming systems (cereals, vineyard and fruit trees). The total number of farms is around of 11624 divided into 3 categories of status. The distribution of farms shows the dominance of private farms in number 8165 farms which represents 70 %, with an area of 45568 ha, but the collective farms (EAC) accounted for 16 %, with an area of 38157 ha, in number 1890 collective farms. As well as EAI (individual farms) number of 1569 exploitation, represent 14%, with an area of 5217 ha [14]. A benchmark survey of dairy cattle breeders was conducted during 2019-2020 agricultural campaign indicates that all systems selected in this study use groundwater; with 6722 cows 60 % of which is Friesian black magpie of total cows and produce 3400 ±1250 kg average milk yield per cow [14].

The methodology for monitoring the sample in our study consists of a series of routine visits to 2 types of dairy farming systems, one of a intensive (type I) and the other extensive (type II). The sample followed is made up of 20 dairy farms per type to describe the water use productivity in relation with the milk yield, forages practices, dietary rations and

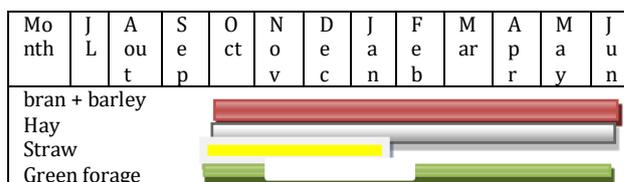
costs of forages and milk in dairy farms. The table1 indicates the characteristics of the sample farms with diverse structural, technical parameters and strategic of use of water in dairy husbandry systems. Each farm had an average of 14.5 ha of ARL (range = 8,6 to 16,5 ha), with an average animal stocking rate of 1.84 UGB/ ha of fodder crop (range = 2.1 to 3,06 UGB/ha). Feeding practice in both types of cattle farming systems is shown in Figure 1.

The forage calendar of extensive type shows a use of green fodder limited only in spring, a distribution of straw in summer and which continues until the end of winter as well as a very large use of concentrated foods throughout the year. This type of calendar characterizes farms with a milk tendency based on more concentrate. But the forage calendars intensive type illustrates the use of green fodder during a large part of year-round; straw is limited to only part of summer and winter. It characterizes milk-oriented farms based on fodder.

**Table.1:** Average structural and technical's parameters of sample farms ( $\mu \pm \sigma$ )

Parameters	Symbols	Type 1 (n=20)	Type 2 (n=20)
		Intensive	Extensive
surface Arable Land use	ARL	16,5 ± 1.94	8,6 ± 1.2
Forage Land (ha)	FL	6 ± 0.75	3 ± 0.73
Sorgho (ha)		1,75 ± 0.19	0,75 ± 0.21
Lucerne (ha)		1,5 ± 0.17	0,50 ± 0.19
barley (ha)		2,75 ± 0.15	1,75 ± 0.17
Number of Cows	NCW	12,6 ± 1.66	9,2 ± 1.45
Stocking rate/ ha fodder	UGB/ ha	2.1 ± 0.28	3,06 ± 0.23
Average milk/cow/year	APM	4120 ± 604.6	3240 ± 710.2
milk concentrates /cow	UFLcc	5.5 ± 0.86	7,6 ± 0.78
Food cost total inputs %	FCT	62.8 ± 9.2	68.7 ± 8.7
Cost 1 liter milk (€)	PCM	0.52 ± 0.07	0.61 ± 0.09
1 € = 132 DA. (DA: Dinar Algerian, €: euro).			

The practice of fodder crops on the sampled farms is dictated by the availability of irrigation water (rainwater, underground), the modality of use of this water and the costs of milk production. About 41 % of the total arable land was cultivated with rain-fed (oats - *Avena sativa*; barley *Hordium vulgare*) or irrigated forage (Sorgho *Sorghum sp*, lucerne - *Medicago sativa*). In north Africa, dairy cows farms uses also cereal straw, which is considered locally as a strategic fiber resource [14-15-16].



**Fig 1:** Forage calendar of dairy farms in study region.

The parameters measured were water volumes used WU/ha of forage by cultivated species and origin of irrigation (rainfall and groundwater),

estimate of forage biomass from irrigated plots and contribution of rations exogenous feeds and the milk yield obtained per systems. The estimation of the volumes of water used by breeders was based on the flow of water from the irrigation wells, the time and frequency of irrigation by irrigated forage plots and by farm. Rainfall data were obtained from the local meteorological station, which was located at a maximum distance of 9 km from farms. The exogenous rations (cereals and bran) were converted into equivalent virtual water according to international standards 1m<sup>3</sup> of water per kilogram of cereals [17].

The method used to determine the biomass of fodder grown on the farms monitored is inspired by that cited by [18], which consists to weighing plant samples harvested from each plot within a 1 m<sup>2</sup> quadrat at each harvest. Subsequently, the nutrient value of all forages supplied by this biomass was estimated. The average dry matter (DM) and net energy content of forage crops in the context of north Africa were adopted from [15-19]; for all the fodder identified in the surveyed holdings in the absence of a forage analysis, we refer to other analyzes carried out in Algeria relating to these forages [20-21]. These average nutrient values were used to calculate nutrient yields per hectare in each farm. All of the herds were on "zero grazing" and consumed distributed rations (green, dry and concentrated fodder) according to the forage management specific to each farm. The economic assessment in terms of gross margins for milk production was determined by the difference between income and expenses related to food, veterinary care and other livestock costs. Water productivity of milk production (m<sup>3</sup>/kg) and economic water productivity of milk in (€/m<sup>3</sup>) were also calculated.

## 2.1 Statistical data processing

A descriptive analysis was performed for the evaluation of averages, standard deviations, minimum and maximum of the various parameters chosen. Then a factor analysis of variance (XLSTAT) was applied to the results according to the model:  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$ ; Or:  $Y_{ij}$  is the explained variable;  $\mu$ : the general average,  $\alpha_i$ : the factor effect and  $e_{ij}$ : the residual error of the model. Then, the Student test compared the factors two to two.

## 3. Results and discussion

The objectives of the study were to characterize the use of water in the dairy farming process in semi-arid areas with irrigation possibilities and its impact on water productivity and milk production. The breeding practice within the region is characterized by poorly diversified fodder crops and a

contribution of exogenous food resources to the farm which makes the analysis of these systems more complex to determine the productivity of water. According to [20-22], similar situation was reported on dairy farms in a semi-arid climate where the use of concentrates is practiced on all farms to varying degrees. The study sample was explicitly designed to represent the reality of farming in terms of structural parameters in semi arid plain of Mascara where the study was conducted [14]. From water volumes and their origins to forage biomass Water volumes applied to fodder crops varied widely among farms and were largely determined by irrigation practices. The results of monitoring the two types of farming indicate that the total water use for summer fodder (Sorghum and Lucerne), was (4350; 4160) and (3150; 3050) m<sup>3</sup>/ha respectively for in types I and II. A comparison of the irrigation practice between the two types of dairy farms indicates a variation of around 27% (7320 to 10160 m<sup>3</sup>/ha) in favor of type I.

The maximum value was recorded on Type I (intensive system), which was the only one equipped with drip irrigation. According to the precipitation recorded during our monitoring, water consumption for oats is relatively constant with an average value of 3740 and 2950 m<sup>3</sup> / ha respectively for the intensive and extensive systems. The productivity of fodder in dry matter differ between the two systems with values of the order of 12520 to 17188 kg/ha respectively for type II and I. This difference is due to the mode of management of the fodder crops and the volume of irrigation water applied, in the same way a relative shift of the vegetative cycles was observed within the dairy farms.

Our assessment of water productivity based on the contribution of rainfall, the possibility of irrigation and the share of virtual water, indicates the existence of variability in the water used between dairy farms. The water productivity of the various cultivated forages presents a variation between farms of the order of 0.84 and 1.04 m<sup>3</sup>/kg DM) respectively for the intensive and extensive system (Table 2). The results obtained are slightly higher than those reported by [23-24] under irrigated conditions in Morocco (0.33 to 0.54 and 0.33 to 0.54 m<sup>3</sup>/ kg DM). Our results on the yield of DM from Lucerne are poor (4960 kg of DM/ha) compared to those obtained in a semi-arid irrigated land of Morocco in order of 9190 kg / ha and 6820 kg of DM / ha [23] and in Tunisia with 8000 to 13400 kg of DM / ha [9]. This can be explained by the rainfall regime of each zone. For the water productivity of this species (0.76 m<sup>3</sup>/kg DM) was lower than that reported by [23-9-25].

**Table.2:** Water productivity of fodder in the study farms

Parameters	Type I Intensive system			Type II Extensive system		
	WU m <sup>3</sup> /h a	DMY kg/h a	WPD M m <sup>3</sup> /k g DM	WU m <sup>3</sup> /h a	DMY kg/h a	WPD M m <sup>3</sup> /k g DM
Sorgho	4350 a	326 0 a	1.33 <sup>a</sup>	3150 b	146 0 b	2.15 b
Lucerne	4160 a	545 8 a	0.76 <sup>a</sup>	3050 b	446 0 b	0.68 b
Barley green	1650 a	260 0 a	0.63 a	1120 a	185 0 a	0.60 a

**WU:** water use; **DMY :** Productivity of fodder in dry matter ; **WPDM :** water productivity

*a, b, means for each parameter with different letters across a row are significantly different  $p < 0.05$*

For all the parameters characterizing the use of water, the oat crop had a relatively homogeneous use of water and a yield of DM per hectare quite similar between farms. This is explained by the technical mastery of the cultivation of this species in the northern Mediterranean production systems. With regard to the other fodder species requiring water, the technical route remains poorly controlled, which significantly affects yields by crop and exploitation within the same agro-ecological zone. In addition, profitability of using irrigation is affected by other factors relating to the mastery of the cultivation techniques of the fodder used. Similar trend results have been reported in the semi-arid North African zone with regard to the use of irrigation water [8-23]. According to the same source, precipitation in semi-arid regions significantly affects the extent of irrigation use with an interval of the order of 82% to 87.9% of the total amount of water used to irrigate fodder crops. , which implies great pressure on the groundwater of crops in regions with a semi-arid climate. In their work on dairy farming, [26] in temperate zones indicate that the development of intensive fodder systems based on the irrigated fodder in this case maize plagues groundwater.

### 3.1. Relationship between distributed off-farm exogenous ration and milk performance

Monitoring the consumption of rations distributed on dairy farms indicated seasonal variability, with a peak achieved in spring (March to May), followed by regression until the end of winter. This observation is linked to the availability of green according to the forage calendar practiced by dairy farms and the participation of exogenous distributors, which is strongly linked to the prices of the concentrated foods purchased. In addition, the quantities of DM ingested did not cover the optimal needs of the cows mainly due to the average rate of the animal

load practiced 1.84 UGB/ ha and the variability of the fodder yield in green realized in the semi arid conditions. The characterization of the distributed rations reveals a quantitative and qualitative imbalance of the rations which affects the efficiency of transformation of the rations into milk. The participation of the rations ingested by the dairy herds reveals that the contributions of the rations are deficient in DM. moreover, the food balance of the distributed ration is unbalanced, causing the fall in dairy performance of cows. This deficit necessitates the use of quality concentrate supplements to correct food rations. Similar observations have been reported by [8], who recommend the need to generalize the formulation of complementary feeds within dairy farms to increase milk production.

### 3.2. Water use productivity and profitability margin for dairy cows

In terms of feeding practice strategies, breeders always seek to reduce food production costs, by reducing the quantities of concentrates distributed during periods of green availability. This leads to a reduction in milk production per cow, although the breed exploited allows production of around 20 Kg / day under semi-arid breeding conditions. The decline in dairy performance continues during the summer period. The milk yield per cow did not exceed an average value of 3680 kg (rang 3240 to 4120 kg (Table 3). The mean gross margin per kilogram of milk was low, not exceeding 0.13 euro.

**Table. 3:** Virtual water use and cattle performance variability among farms

Parameters	Systems types		Average
	Intensive	Extensive	
Total WU off-farm feed uses (kg)	3780 <sup>a</sup>	4970 <sup>b</sup>	4375
Virtual water for lactation (m <sup>3</sup> /cow)	1220 <sup>a</sup>	1090 <sup>b</sup>	1155
Average milk (kg/cow per year)	4120 <sup>a</sup>	3240 <sup>b</sup>	3680
Milk profitability margin (€ / kg)	0.15 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.13

*a, b, means for each parameter with different letters across a row are significantly different  $p < 0.05$*

In system Type I, which had the highest average annual milk yield per cow, the economic results from the herd were the highest compared at systems type II with lowest average milk yield per cow.

The estimate of the value of the water footprint at the dairy farm level indicates an average of the order of 2.05 m<sup>3</sup> / kg of milk (with a margin varying from 1.96 to 2.15). The contribution of rainfall is estimated at 57% the rest is represented by the participation of irrigation and Virtual water with 18% and 25% respectively. This trend indirectly affects purchases of exogenous fodder resources on the farm. The results obtained in this study indicate a variation between dairy farms in terms of the percentage of dependence on rainfed crops to produce rougher fodder intended to feed their dairy

herd. Economic productivity based solely on irrigation water revealed that to produce fodder for dairy barns, the use of 1 m<sup>3</sup> of irrigation water generates an average gross margin of around 0.17 €. Our results agree with those indicated by [27-28-8] which reports the existence of a variation between dairy farms due to the management practices of all production functions for water and livestock products.

**Table. 4:** Water productivity characteristics in milk, in the study farms

Parameters	Systems types	
	Intensive	Extensive
Total WU per kg of milk (m <sup>3</sup> )	2.15 <sup>a</sup>	1.96 <sup>b</sup>
costs of total WU in milk (€ / m <sup>3</sup> )	0.08 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>
costs of irrigation WU in milk (€ /m <sup>3</sup> )	0.15 <sup>a</sup>	0.20 <sup>b</sup>

*a, b, means for each parameter with different letters across a row are significantly different p<0.05*

The extensive system is the least efficient in terms of water productivity and the highest stocking rate, which considerably affects food autonomy. Moreover, within this system, poor practice in the management of fodder crops generates low water productivity in irrigated forages. Conversely, the intensive system was the most efficient in terms of milk water productivity with a lower storage rate and better performance in the productivity of water from forage crops. The comparison between the two farming systems in semi-arid region indicates that the system (type I) is characterized by greater food autonomy, allowing it to achieve good performance compared to the average of the sample studied and have the highest economic costs. The best results have been observed for the intensive system, which stands out for its good practice along the process chain, from irrigation management to farming. Intensive farming is the most specialized in milk production which is considered a strategic activity within the agricultural production system applied in the semi-arid zone. On a global scale, dairy farming systems seek to achieve food self-sufficiency to improve the gross margin per dairy barn. The scientific work of [29-30-31-8] indicates that the farms with the best agro-environmental indicators and optimal management fodder resources.

This thematic contribution converges with the directions of recent research indicating the urgency of adding value to green water rather than blue water in order to solve the problem of food security in the 21st century [32]. Overall, the results obtained reveal that within dairy farms in a semi-arid climate the need to assess the contribution of the various water sources integrated into the milk production process. The analysis carried out confirms the limited pressure of dairy cattle farming on groundwater, due to its dependence on rainfall and the regulation possibilities enabled by virtual water (exogenous food on the farm). In addition, pastoralists should improve forage autonomy

through good control of fodder crops and off-farm food stocks, to support the sustainability of their livestock in the face of climate change affecting the semi-arid regions of North Africa.

#### 4. Conclusion

The study describes on the one hand, the relationship between milk production in dairy cattle stalls and the use of different water resources and on the other hand it characterizes the impact of livestock activity on the productivity of the in semi-arid regions. A large variation between the stables was recorded in the amount of irrigation applied according to the forage calendars practiced; this indicates that the water footprint within the farms is less effective. Other factors of variation were determined indicating a great weakness in the management and management of the cultivated fodder, and the insufficient rationing of the herds. The results reflect variability in the use of total water, whatever its origin. The activity of dairy farming in the study region depends mainly on rainfall but supported by irrigation water whose pressure is less on groundwater compared to fodder crops. Consequently, the prospects for the resilience of dairy production systems for cows in semi-arid conditions vary from medium to good, but the improvement in water productivity remains insufficient and requires further research on the interactions between fodder crops, irrigation water and agronomic factors.

#### 5. Acknowledgments

This study was carried out by the participation of members of the research team of Geo-sciences and sustainable development laboratory (LGDE) of University Mustapha Stambouli of Mascara. The authors particularly thank the dairy cattle breeders of the Mascara region for their kind participation in the monitoring protocol implemented and the local agricultural authorities directing the agricultural services and the chamber of agriculture for their support.

#### References :

- [1] Meddi. M ; Talia.A ; Martin.C. Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie), *Physio-Géo*, (2009) Volume 3.
- [2] TABET-AOUL. M. Développement et environnement au Maghreb : Contraintes et enjeux, pp. 66-70. juillet 2010, Institut Québécois des hautes études internationales.
- [3] IPCC. 2014. Intergouvernemental Panel on Climate Change. Mitigation of Climate Change, Fifth Assessment Report (AR5).
- [4] Giorgi. F; Lionello. P. Climate change projections for the Mediterranean region. *Glob Planet Chang* (2008) 63(2-3): 90-104. <https://doi.org/10.1016/J.GLOPLACHA>.

- [5] Grasso.M and Feola. G. Mediterranean agriculture under climate change: adaptive capacity, adaptation, and ethics. *Regional Environmental Change*, 2012. 12 (3). pp 607-618.
- [6] Iglesias. A; Garrote. L. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agric Water Manag.* 155:113–124. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2015>.
- [7] Schilling. J; Korbinian. PF; Hertig. E and Scheffran. J. Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa, with focus on Morocco. *Agricultural Ecosystems and Environment* (2012).156, 12–26.
- [8] Sraïri. M T; Benjelloun. R; KARROU. M; Ates. S; and Kuper. M. Biophysical and economic water productivity of dual-purpose cattle farming. *Animal* (2016), 10:2, pp 283–291. *The Animal Consortium 2015* doi:10.1017/S1751731115002360
- [9] Ibidhi. R and Ben Salem. H. Water footprint and economic water productivity assessment of eight dairy cattle farms based on field measurement. *Animal*, Volume 14. 2019 , pp. 180 – 189
- [10] Wada. Y; van beek. LPH and Bierkens. M F P. Non sustainable groundwater sustaining irrigation: a global assessment. *Water Resources Research* 48. (2012). W00L06, 18pp
- [11] Hoekstra. AY; Chapagain. AK; Aldaya MM and Mekonnen MM. The water footprint assessment manual: Setting the global standard. (2011) Earthscan, London,UK.
- [12] Owusu-Sekyere. E; Scheepers. ME and Jordaan .H. Economic water productivities along the dairy value chain in South Africa: implications for sustainable and economically efficient water-use policies in the dairy industry. *Ecological Economics* 134, 22–28 (2017).
- [13] Murphy. E; De Boer. IJM; van Middelaar. CE; Holden. NM; Shalloo L; Curran. TP and Upton J. Water footprinting of dairy farming in Ireland. *Journal of Cleaner Production*.2017. 140 (Part 2), 547–555.
- [14] Yerou H; Homrani.A; Benhanassali. A and Boussedra D. Typological assessment of dairy farms systems in semi-arid Mediterranean region of western Algeria. *Biotechnology in Animal Husbandry* 35 (4), 335–346. 2019. <https://doi.org/10.2298/BAH1903209K>
- [15] Abdelguerfi. A; Laouar. M ; M’hammedi bouzina. M. Les productions fourragères et pastorales en Algérie : Situation et 15 Possibilités d’Amélioration. *Revue Semestrielle ‘Agriculture & développement’* (INVA, Alger), janvier 2008, n°6 : 14-25
- [16] Belhadia. M A.. Stratégie des producteurs laitiers et redéploiement de la filière lait, dans les plaines du Haut Cheliff: formaliser l’informel. Thèse doctorat Es-Sciences Agronomiques 282p. (2016).ENSA-Algerie.
- [17] Hoekstra. A.Y and Chapagain. A.K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*. 21, 2007. PP: 35–48.
- [18] Martin. RC; Astatkie. T; Cooper. JM and Fredeen AH. A comparison of methods used to determine biomass on naturalized swards. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191, (2005). 152–160.
- [19] INRA. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux. Valeurs des aliments. Tables INRA 2007. Editions Quae, Paris, France, 307p.
- [20] Kadi. S.A ; Djellal. F ; Berchiche. M. Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 19, (2007). Article. [www.lrrd.org/lrrd27/7/taye27128](http://www.lrrd.org/lrrd27/7/taye27128)
- [21] Arbouche. F ; Arbouche. Y ; Arbouche. R et Arbouche. H .S. Effets du stade phénologique des prairies permanentes forestières du Nord Est Algérien sur leur production et leur valeur nutritive. *Livestock Research for Rural Development*.(2009). 21 (7). [www.lrrd.org/lrrd21/7/arbo21115.htm](http://www.lrrd.org/lrrd21/7/arbo21115.htm).
- [22] Ghozlane. F ; Bousbia. A ; Benyoucef. M.T ; Yakhlef. H. Impact technico-économique du rapport concentré /fourrage sur la production laitière bovine: cas des exploitations de Constantine. *Livestock Research for Rural Development* (2009):21 (6).
- [23] Sraïri. MT; Rjafallah. M; Kuper. M and Le gal P-Y. Water productivity of dual purpose herds (milk and meat) production in a Moroccan large-scale irrigated scheme. *Irrigation and Drainage* (2009). 58, S334–S345.
- [24] Bouazzama B., Xanthoulis D., Bouaziz A., Ruelle P., Mailhol J.C. 2012. Effect of water stress on growth, water consumption and yield of silage maize under flood irrigation in a semiarid climate of Tadla (Morocco). *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, 2012, 16 (4), 10 p.
- [25] Montazar. A and Sadeghi. M. Effects of applied water and sprinkler irrigation uniformity on alfalfa and hay yield. *Agricultural Water Management* (2008). 95, 1279–1285 Moran.
- [26] Meul. M; Van passel. S; Fremaut. D and Haesaert. G. Higher sustainability performance of intensive grazing versus zero-grazing dairy systems. *Agronomy for Sustainable Development* (2012).32, 629–638.
- [27] Armstrong. DP. Water-use efficiency and profitability on an irrigated dairy farm in Northern Victoria: a case study. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44, (2004). 137–144.
- [28] Sultana. MN; Uddin. MM; Ridoutt. BG and Peters. KJ. Comparison of water use in global milk production for different typical farms. *Agricultural Systems* (2014). 129, 9–21.
- [29] Val-arreola. D; Kebreab. E and France. J. Modeling small-scale dairy farms in Central Mexico using multi-criteria programming. *Journal of Dairy Science* 89, (2006). 1662–1672.
- [30] Lebacq. T; Baret. PV and Stilmant. D. Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33, 2013.311–327.
- [31] Gaudino. S; Goia. I; Grignani. C; Monaco. S and Sacco. D. Assessing agro-environmental performance of dairy farms in northwest Italy based on aggregated results from indicators. *Journal of Environmental Management* (2014). 40, 120–134.
- [32] Rockström. J; Falkenmark. M; Karlberg L; Hoff. H; Rost. S and Gerten. D. Future water availability for global food production: the potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resources Research* 45, (2009).

