

FACULTY OF NATURE
AND LIFE SCIENCES
UNIVERSITY OF MOSTAGANEM
ALGERIA.



Journal of Natural Sciences & Sustainability

VOLUME 3, April 2025

A peer-reviewed scientific journal

ISSN 2773-4099



Honorary Presidents:

Pr. BOUDERAH Brahim, Rector of the University of Mostaganem

Pr. BENKHELIFA Mohammed, Dean of the Faculty of Natural and Life Sciences

Editor-in-Chief

Pr. BENABDELMOUMENE Djilali, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Assistant Editor

Pre BENAMAR Nardjess, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Scientific Advisory Board

Pr CHERIGUENE Abderrahim University, Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Pr BACHIR BOUIDJRA Abdallah, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Pr BEKADA Ahmed, University of Tissemsilt

Pr BELAHCENE Miloud, University Belhadj Bouchaib of Ain Temouchent

Pr BOUDEROUA Kaddour, ESA of Mostaganem

Pr BOUFADI Yasmine, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Pr BOUZOUINA Mohamed, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Pr CHADLI Rabah, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Pr DJIBAOUI Rachid, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Pr HADDAD Ahmed, University Nour El bachir EL Bayadh

Pr HASSEINE Omar, University of Ahmed BENBELLA Oran

Pr HOMRANI Abdelkader, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Pr KATI Djamel Eddine, University Abderrahmane Mira of Bejaia



Pr KEDDARI Soumia, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Pr Larid Mohamed, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Pr MEKHALDI Abdelkader, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Pr MEZALI Karim, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Pr TAIBI Nasreddine, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Pr AIT SAADA Djamel, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Pr BAGHDADI Djilali Université Ahmed Zabana of Relizane
Pr TEFIANI Choukri Université Abou Bakr Belkaid of Tlemcen
Dr BELBACHIR Nouredine, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr BENBOUZIANE Bouasria, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr BENGHARBI Zineb, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr BOUALEM Malika, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr CHAALAL Abdelmalek, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr DAHOU Amine, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr GHELAMALLAH Amine, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr MAHIOUT Djamel, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem
Dr YAHLA Imene, University Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem

Editorial Secretariat:

M.Mohamed-Chérif BENTAHAR



About the Journal

A wide range of current research subjects in the fields of Agronomic and biological sciences, food sciences, fisheries sciences, environmental management, environmental engineering, and environmental protection are covered by the Natural sciences and sustainability Journal.

The journal initially published original papers that were presented at the International Symposium on "Scientific days of faculty nature and life sciences," which was alternately held in Abdelhamid Ibn Badis of Mostaganem and organized by the faculty.

Natural Sciences & Sustainability is a national journal that publishes original research papers in the following fields:

- ✓ Agronomy science
- ✓ Animal genetics
- ✓ Animal science
- ✓ Bioactives compounds
- ✓ Biodiversity and environmental natural resources
- ✓ Biotechnology
- ✓ Earth Sciences
- ✓ Eco-industry and environmental marketing
- ✓ Ecological and sustainable tourism
- ✓ Ecology
- ✓ Entomology
- ✓ Environmental education and sustainable development
- ✓ Environnemental health
- ✓ Environnemental protection technologies (water, air, soil)



- ✓ Food chemistry
- ✓ Food safety
- ✓ Food science
- ✓ Forestry
- ✓ Global climatic changes
- ✓ Hydrogeology
- ✓ Land reclamation
- ✓ Life cycle assessment of products
- ✓ Mathematical modeling in sustainable development
- ✓ Medicina lplants
- ✓ Microbiology
- ✓ Molecular Biology and genetics
- ✓ Nutrition
- ✓ Oceanology
- ✓ Pharmacognosy
- ✓ Plant biology
- ✓ Plant physiology
- ✓ Sea Sciences
- ✓ Sensors in environnement control
- ✓ Soil science
- ✓ Technologies for drinking and industrial water
- ✓ Vegetal Genetics
- ✓ Veterinary sciences
- ✓ Waste valorization technologies and management
- ✓ Water Ressources
- ✓ Zoology

PAGES	PAPERS
1 - 5	Cartographie spatio-temporelle de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie : Plage de Stidia (Mostaganem, Algérie). <i>BOUGHERIRA Abdeldjalil, KADDOUR SEGHIR Hadjira et TOUAHRIA Fatima Zohra.</i>
6 - 10	Utilisation de <i>Casuarina equisetifolia</i> comme bioindicateur de la pollution de l'air par le plomb, le cuivre et le zinc d'origine trafic routier dans la ville de Mascara (nord-ouest Algérie) <i>LAKHDARI Aissa et DRIR Fatima Zohra</i>
11 - 16	Controlling autochthonous dairy biofilms on fresh milk receiving lines with an adapted cleaning-in-place protocol <i>DAHOU Abdelkader El Amine, TAHLAITI Hafida, MEDJAHED Mostefa, SEDDAR Yagoub Fatima, DOUBBI Bounouaa Lahcen, BEKIHAL Amin, BENABDELMOUMENE Djilali and DOUKANI Koula</i>
17 - 21	Suitability of bovine milk from the experimental farm for dairy processing <i>SEDDAR-YAGOUB Fatma, DAHOU Abdelkader El Amine, TAHLAITI Hafida, DOUBBI BOUNOUA Lahcen, TABET Khadidja, BEKIHAL Amin</i>
22 - 24	Les décharges non contrôlées et leurs conséquences sur le changement climatique <i>DERRADJI El Fadel et SAADALI Badreddin</i>
25 - 29	<i>Physicochemical properties of six soil samples collected from two localities in Eastern Algeria: for better future biofertilizer adoption by farmers</i> <i>GAAD Djouher, HADDAD Rafika, BOUGANDOURA Meriem Houda</i>
30 - 34	<i>Impact de quelques paramètres abiotiques sur le développement de la flore fongique des eaux marines mostaganémoises</i> <i>BENMESSAOUD Nadjet, MATALLAH-BOUTIBA Amaria, DJELTI Halima et BENAMAR Nardjess.</i>
35 - 38	<i>Caractéristiques de la niche trophique chez <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> et <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> de la zone côtière de Mostaganem</i> <i>MADANI Sihem, BELBACHIR Nor Eddine et SOUALILI Dina Lila</i>
38 - 48	<i>Etude de l'efficacité de Nettoyage « NEP » par L'ATP metrie au Sein d'une unité de crème glacée</i> <i>BENBOUZIANE Bouasria, CHADLI Amina, BOUADJADJ Fatema Zohra, ELMELIANI Yousra</i>
49 - 51	<i>Monitoring of water quality: Moving toward dynamic environmental management through electronic platform integration</i> <i>REZKI Mohamed</i>
52 - 56	<i>Analyse comparative de la farine de boulangerie de deux entreprises dans la wilaya de Chlef</i> <i>SAIDANE Zohra, BELAIDAKIL Aya, LABDI Radhia</i>

Cartographie spatio-temporelle de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie : Plage de Stidia (Mostaganem, Algérie)

BOUGHERIRA Abdeldjalil ^{*1,2}, KADDOUR SEGHIR Hadjira¹ et TOUAHRIA Fatima Zohra¹

¹ Département des sciences de la mer et de l'aquaculture, Université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie

² Laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire (EGEAT), Université d'Oran 2, Algérie.

³ Département des Sciences de la mer et de l'aquaculture, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, BP 227, Route nationale N° 11, Kharrouba, 27000, Mostaganem, Algérie.

R É S U M É :

Mots clés :

Plage de Stidia, Herbier de Posidonie, Limite supérieure, Cartographie, SIG.

Posidonia oceanica est la plante marine la plus emblématique de la Méditerranée. Elle forme des herbiers marins qui occupent les faibles profondeurs, allant jusqu'à 40 mètres de profondeur. Elle est désormais considérée comme un écosystème clé du milieu marin méditerranéen et réputée pour les multiples services écosystémiques qu'elle prodigue. Dans le contexte actuel caractérisé par la croissance des pressions anthropiques sur le milieu marin, les herbiers de Posidonie se trouvent parmi les écosystèmes les plus menacés. La cartographie de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie émerge comme un moyen alternatif pour la caractérisation de sa dynamique spatiale et la surveillance de l'état environnemental du milieu marin. Dans ce cadre, les systèmes d'information géographique (SIG) nous offrent la possibilité de suivre la distribution spatio-temporelle des herbiers de Posidonie, notamment dans les zones d'eaux peu profondes, qui constituent en même temps leur habitat potentiel en Méditerranée. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur une approche diachronique afin de suivre l'évolution de la limite supérieure des herbiers de Posidonie sur trois périodes : 2014-2018, 2018-2022 et 2014-2022, afin de suivre sa dynamique. Les résultats obtenus montrent une régression notable de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie au-devant de la plage de Stidia, notamment durant la période allant de 2014 à 2018. La période suivante, entre 2018 et 2022, affiche plutôt une dynamique relativement stable de l'herbier de Posidonie, mais avec une légère propension à la régression.

1. Introduction

L'herbier de Posidonie est l'un des écosystèmes clé pour le maintien de l'équilibre écologique des zones côtières en méditerranée (Campagne *et al.*, 2015; Marbà *et al.*, 2014; C.-F. Boudouresque *et al.*, 2012) et constitue un bioindicateur pour les écologues dans la détermination de l'état de conservation des écosystèmes marins et côtiers (Lafabrie, 2007). L'herbier de Posidonie constitue l'un des habitats marins les plus importants de la Mer Méditerranée en termes de fonctions écologiques et des services écosystémiques qu'ils prodiguent aux communautés côtières (Campagne *et al.*, 2015; Vassallo *et al.*, 2013; C.-F. Boudouresque *et al.*, 2012).

Cependant, l'accroissement des activités humaines autour du bassin méditerranéen, engendre de multiples pressions anthropiques et des changements environnementaux rapides et parfois irréversibles (Marbà *et al.*, 2014; Bonacorsi *et al.*, 2013; Amara, 2010; C. F. Boudouresque *et al.*, 2009). Le littoral algérien et particulièrement celui de Mostaganem n'échappe pas à cette tendance lourde, qui affecte négativement l'état écologique du milieu marin et côtier. En effet, l'augmentation des pressions exercées sur le littoral de Mostaganem, générées

par diverses activités humaines, représente une menace pour la distribution des herbiers de Posidonie. La préservation des herbiers de Posidonie représente une priorité dans les initiatives de gestion de l'environnement côtier (Vassallo *et al.*, 2013; C.-F. Boudouresque *et al.*, 2012). Dans ce cadre, la cartographie régulière de la distribution spatiale de ces herbiers est essentielle. Cette cartographie constitue un outil crucial permettant d'évaluer la dynamique spatio-temporelle des herbiers de posidonie (Mancini *et al.*, 2023; Montefalcone *et al.*, 2019; Zucchetto *et al.*, 2016; Fornes *et al.*, 2006; Pasqualini *et al.*, 2005). En effet, la cartographie de la limite supérieure de ces herbiers peut nous renseigner sur l'état de conservation et/ou de dégradation de la posidonie, étant directement influencée par les pressions provenant des activités maritimes et/ou terrestres. Les systèmes d'information géographique (SIG) offrent la possibilité de suivre la distribution spatio-temporelle des herbiers de Posidonie, notamment dans les zones d'eaux peu profondes, qui constituent en même temps leur habitat potentiel en Méditerranée.

Dans cette étude nous essayerons d'appréhender la dynamique spatio-temporelle des herbiers de posidonie au-devant de la plage de Stidia

*Corresponding author.

E-mail address: abdeldjalil.bougherira@univ-mosta.dz

(Mostaganem, Algérie) et d'apporter un éclairage sur la manière dont les pressions anthropiques pourraient impacter leur évolution.

2. Matériels et méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

La wilaya de Mostaganem située au Nord-Ouest de l'Algérie, s'allonge sur un littoral d'environ 124km, allant de l'embouchure de El-Macta à l'Ouest jusqu'à Ouled Boughalem à l'Est. Elle englobe une diversité d'écosystèmes marins et côtiers dont les herbiers de posidonie occupent une place particulière. La plage de Stidia, située à une vingtaine de kilomètres vers l'Ouest de la ville de Mostaganem (Figure 1), abrite l'un des herbiers de posidonie les plus développés.

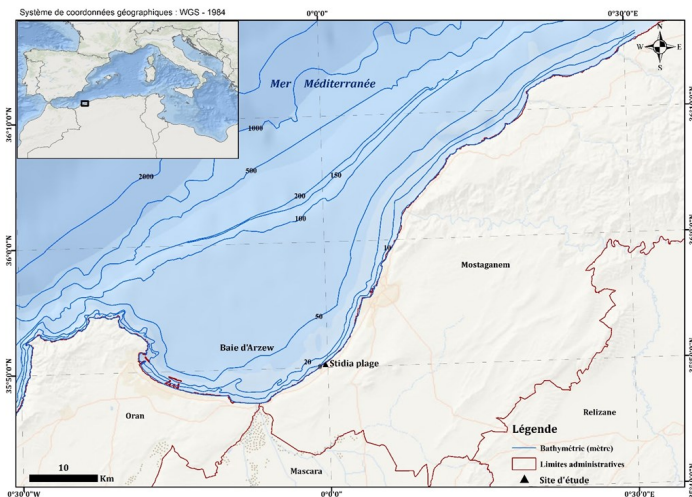


Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude.

De manière générale, le paysage sous-marin de cette zone est principalement caractérisé par une alternance entre des substrats rocheux de petite dimension et des zones de sable (Belbachir, 2012). En effet, elle se caractérise par la présence d'un substrat dur dans les premiers mètres de profondeur (0 - 3 m). En allant vers le large, la composition du substrat deviendrait plus meuble, principalement composé de sables fins à grossiers.

De point de vue climatique, la région de Mostaganem est soumise à un climat de type méditerranéen, caractérisé par une longue période sèche, allant du mois d'avril au mois d'octobre. Elle se situe dans un étage bioclimatique semi-aride, dont les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 350 mm/an et des températures moyennes annuelles avoisinent les 19 °C (ONM, 2018).

Par ailleurs, le littoral de Mostaganem est influencé par des vents dominants provenant des secteurs Ouest et Nord-Ouest. Pendant l'automne et l'hiver, les vents d'ouest sont prédominants, tandis que le printemps et l'été voient une prédominance des vents du nord et du nord-est. En raison de sa localisation dans la baie d'Arzew, la zone d'étude est directement exposée aux vents du secteur nord-ouest, qui atteignent la côte avec une incidence relativement perpendiculaire. Ces vents génèrent des vagues importantes et entraînent un fort hydrodynamisme côtier pendant la saison hivernale (Leclair, 1972).

2.2 Démarche méthodologique

Dans cette étude, nous avons adopté une approche diachronique en utilisant un Système d'Information Géographique (SIG). Nous avons réalisé la cartographie des herbiers de Posidonie en superposant les données extraites des images satellitaires fournies par Google Earth Pro. L'assemblage de ces derniers nous a permis d'avoir un aperçu complet de la zone d'étude de Stidia à différentes dates, avec un pas de temps régulier de quatre ans (2014, 2018 et 2022).

L'extraction de la limite supérieure de la Posidonie a été rendue possible par la technique de photo-interprétation. La superposition des différentes couches d'information dans l'environnement de travail SIG, nous a permis d'identifier la répartition des herbiers de Posidonie au-devant de la plage de Stidia et de suivre leur dynamique spatio-temporelle (stabilité, une progression et/ou une régression).

2.2.1 Acquisition des données de base

L'étude de l'évolution spatio-temporelle des herbiers de Posidonie a requis l'acquisition de données géographiques. Ces données constituent le socle de notre Système d'Information Géographique (SIG) dédié à la Posidonie. Dans cette optique, nous avons exploité les images satellitaires de Google Earth Pro ainsi qu'une carte marine détaillée de la frange maritime de Mostaganem (Tableau 1).

Tableau 1 : Données collectées en vue de cartographier la Posidonie au-devant de la plage de Stidia (Mostaganem).

Données	Date	Résolution spatiale / échelle	Source
Image satellitaire	2022	0,57 m	Google Earth Pro
Image satellitaire	2018	0,57 m	Google Earth Pro
Image satellitaire	2014	0,57 m	Google Earth Pro
Carte marine	2005	1 / 120.000	Service Hydrographique des Forces Navales

Dans un premier temps, des images satellitaires de la zone d'étude de Stidia ont été capturées à l'aide du logiciel Google Earth Pro à trois dates distinctes, séparés par des intervalles de temps de quatre années. La sélection des images satellitaires s'est basée sur plusieurs critères rigoureux, incluant la qualité visuelle de l'image, l'absence d'interférences atmosphériques telles que les aérosols, les nuages ou la fumée, ainsi que des conditions météorologiques et hydrodynamiques optimales, impliquant l'absence de nuages, de vents, de vagues, et la réduction du transport sédimentaire. Ces critères visaient à assurer une résolution spatiale et temporelle optimale des images. La prise de vue a été effectuée à une altitude de 400 mètres afin d'obtenir une résolution spatiale optimale, permettant une meilleure délimitation de l'herbier de Posidonie.

2.2.2 Prétraitement des images satellitaires

Cette phase implique le géoréférencement des images satellitaires obtenues, une technique visant à ancrer une image téléchargée dans un repère spatial à l'aide de coordonnées géographiques précises. Avant toute manipulation dans le logiciel ArcGIS, il est impératif de définir le système de coordonnées géographiques compatible avec la zone d'étude. Dans ce cas, le système de référence spatiale sélectionné est le WGS (World Geodetic System) 1984, UTM (Universal Transverse Mercator) Zone 30N. A l'issue du géoréférencement des images satellitaires Google Earth Pro, on obtient un assemblage d'images couvrant l'ensemble de la zone d'étude.

2.2.3 Extraction des surfaces de posidonie et de sa limite supérieure

La démarche entreprise est basée sur la technique de la numérisation par photo-interprétation. Elle consiste à extraire les surfaces occupées par l'herbier de Posidonie ainsi que sa limite supérieure au-devant de la plage de Stidia, afin de comprendre la distribution et la dynamique de cette plante marine.

Pour ce faire, nous avons procédé à la délimitation de la zone où l'herbier de Posidonie est susceptible de se développer ; c'est la zone comprise entre le trait de côte et l'isobathe 10 mètres de profondeur. Ensuite nous avons entamé la numérisation des surfaces occupées par l'herbier de posidonie, identifiées par les taches sombres. Par ailleurs, la numérisation de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie, qui représente le niveau d'analyse linéaire, a été entreprise. Cette ligne sépare les zones d'herbier de Posidonie altéré, généralement visibles sous forme de petites taches isolées près du trait de côte, de l'herbier intacte.

2.2.4 Évaluation de la marge d'erreur

Il existe un certain nombre d'erreurs et d'incertitudes liées à la résolution des pixels (Ep) (qualité des données utilisées), au géoréférencement des

images (ERMs) et à la numérisation (Ed). Leur combinaison dans la formule ci-dessous nous a permis d'apprécier les erreurs totales (Et) (Bougherira et al., 2020; Kermani et al., 2016; Thieler et al., 2009).

$$Et = \sqrt{Ep^2 + Ed^2 + ERMs^2}$$

La marge d'erreur obtenue permet d'évaluer la représentativité et la fiabilité de nos résultats. Nous l'avons estimée à une valeur acceptable de 0,82 m/an, vu que la valeur moyenne des résultats relatifs à l'évolution de la limite supérieure des herbiers de Posidonie est plus grande que la marge d'erreur.

Tableau 2 : Estimation de la marge d'erreur.

Années	2014	2018	2022
Erreur de pixel (EP) (m)	0,57	0,57	0,57
Erreur de géoréférencement des images (ERMs) (m)	0,30	0,30	0,28
Erreur de numérisation (Ed) (m)	1,55	1,45	1,5
Erreur totale (Et) (m)	1,68	1,59	1,63
Erreur totale annualisée (Et) (m/an)	0,82		

2.2.5 Analyse spatio-temporelle de la limite supérieure des herbiers de Posidonie

Nous nous inspirons dans cette analyse des travaux réalisés par Bougherira et al. (2020) sur l'évolution et la dynamique du trait de côte. En effet, dans le but de caractériser l'évolution spatio-temporelle de la limite supérieure des herbiers de Posidonie, nous avons utilisé l'outil Digital Shoreline Analysis System (DSAS). Pour ce faire, nous avons importé les trois limites supérieures et on les a intégrés dans le (DSAS), ce qui nous a permis de calculer les statistiques sur l'avancé, la stabilité et/ou recul de la limite supérieure de la Posidonie (Figure 2).

Pour mener à bien cette opération, la DSAS nécessite la création d'une base de données contenant les différentes limites supérieures numérisées et une ligne de base. Ensuite, nous avons généré des transects perpendiculaires à partir de la ligne de base.



Figure 2 : L'importation des trois limites supérieures et l'intègre dans DSAS : (1) Limites supérieures de posidonie (2014, 2018 et 2022), (2) ligne de base à 300 m vers l'intérieur et (3) les transects distancés à 20 m et tracés perpendiculairement à la ligne de base pour l'analyse de la dynamique de posidonie.

3. Résultats et discussions

Dans l'objectif de cartographier l'évolution spatio-temporelle des herbiers

de Posidonie au-devant de la plage de Stidia, trois cartes (à l'échelle 1/8000) ont été réalisées selon les années 2014, 2018 et 2022 (Figure 3, 4 et 5). Ces cartes mettent également en exergue une typologie des habitats marins existant dans les petits fonds de Stidia, à savoir le substrat meuble, substrat dur, herbier altéré, matre et litière de Posidonie, ainsi que l'herbier intact de Posidonie.

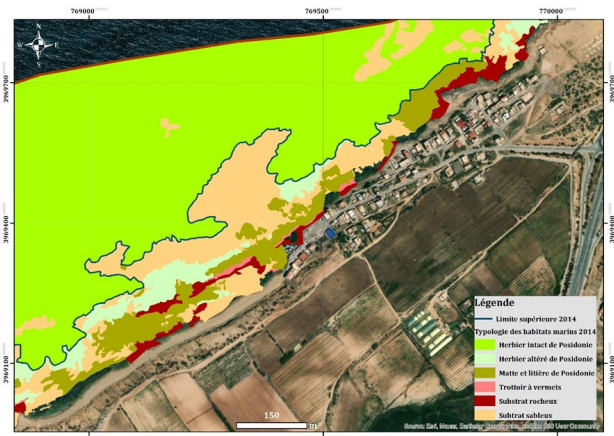


Figure 3 : Carte de la répartition des herbiers de Posidonie et les habitats marins de la plage de Stidia en 2014.

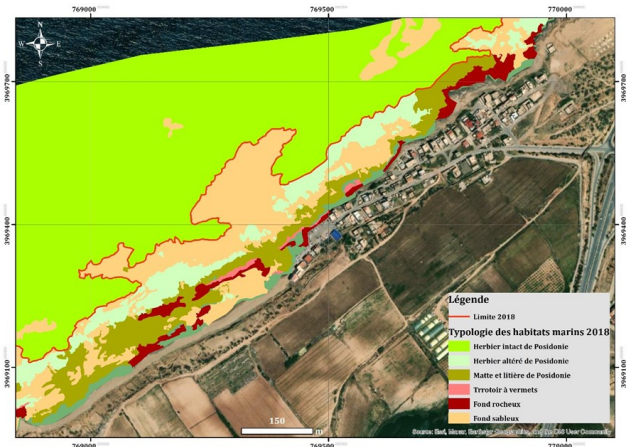


Figure 4 : Carte de la répartition des herbiers de Posidonie et les habitats marins de la plage de Stidia en 2018.

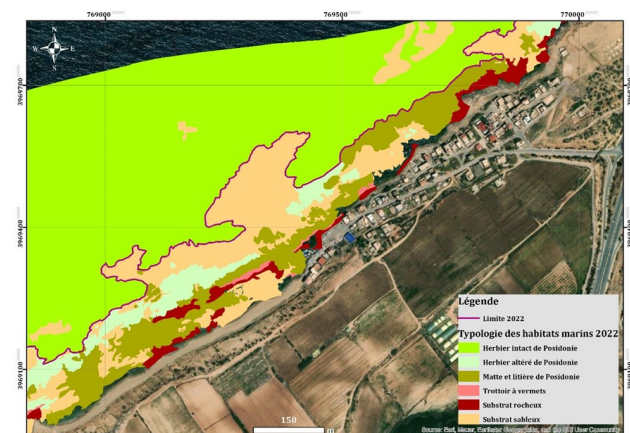


Figure 5 : Carte de la répartition des herbiers de Posidonie et les habitats marins de la plage de Stidia en 2022.

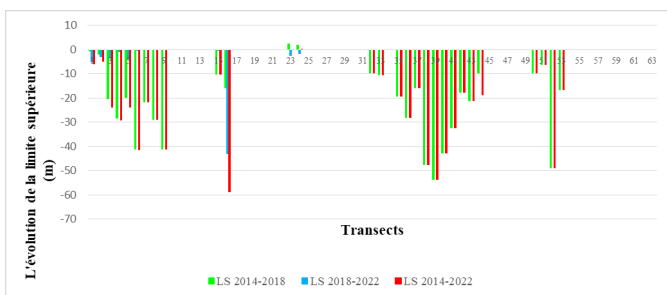


Figure 6 : L'évolution diachronique de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie.

Par ailleurs, d'autres typologies d'habitats marins, tels que le substrat rocheux et sableux ainsi que le trottoir à vermetes, ont présenté une stabilité sur l'ensemble des trois dates. En revanche, l'herbier altéré a manifesté une augmentation notable au cours de ces périodes, démontrant une dynamique régressive de l'herbier de Posidonie.

L'origine et les causes de cette dynamique régressive demeurent complexes à expliquer. Elles pourraient, en partie, résulter de facteurs naturels, notamment l'hydrodynamisme côtier significatif et les tempêtes hivernales intenses pouvant arracher les faisceaux de feuilles. Ce phénomène se reproduit régulièrement sur les plages qui abritent les herbiers de Posidonie et est considéré par la communauté scientifique comme processus naturel (Boudouresque et al., 2009).

Parallèlement, des facteurs d'origine anthropique pourraient contribuer à ces résultats :

La présence d'un abri de pêche artisanale et d'une activité de plaisance dans la zone étudiée.

Les rejets domestiques de la ville de Stidia, qui contribueraient à la pollution de l'eau de mer, associés au tourisme balnéaire, pourraient altérer la qualité physico-chimique des eaux côtières et influencer la santé des herbiers de Posidonie. Cette pollution peut provenir de la détérioration des sols ainsi que de la contamination des cours d'eau avoisinants.

Ces facteurs, naturels et anthropiques, pourraient agir de manière concomitante et contribuer à la dégradation observée des herbiers de Posidonie au-devant de la plage de Stidia, soulevant ainsi des préoccupations importantes pour la conservation de cet écosystème fragile.

4. Conclusion

Cet article constitue une étude exploratoire de la dynamique des écosystèmes marins et côtiers. Les résultats préliminaires que nous avons présentés nous ont permis d'évaluer la faisabilité de l'approche diachronique, basée sur un système d'information géographique, dans la cartographie spatio-temporelle des habitats potentiels de la Posidonie.

Nous pouvons constater une littérature scientifique riche et abondante traitant la dynamique des herbiers de Posidonie dans le pourtour du bassin méditerranéen, dont l'usage des SIG prend de plus en plus une place importante. Cependant, ce sujet reste très peu exploré en Algérie, notamment sous l'angle de la géomatique. Dans ce contexte, une cartographie des herbiers de Posidonie de la plage de Stidia a été élaborée et un système d'information géographique (SIG) a été mis en place pour la première fois.

Au terme de cet article, nous pouvons conclure que l'étude cartographique de l'évolution spatio-temporelle des herbiers de Posidonie, sous l'angle des systèmes d'information géographique (SIG), présente à la fois des avantages et des inconvénients.

Parmi les avantages on peut citer :

- Le libre accès à l'historique d'imageries satellitaires, avec une résolution spatio-temporelle fine,

- La mise en place d'une base de données géographiques modifiable et actualisable,

Le gain en matière de temps et de ressources matérielles et financières.

Concernant les limites et les inconvénients que nous avons rencontrés, on peut citer :

- Le choix difficile des images satellitaires appropriés à l'étude du milieu marin, dû aux conditions météorologiques et hydrodynamiques défavorables au moment de la prise de vue satellitaire,

- Erreurs d'interprétation liées aux variations bathymétriques, mais aussi celles dues à la non vérification in situ des résultats obtenus.

- La cartographie spatio-temporelle des herbiers de Posidonie doit tenir compte de l'ensemble de ces avantages et inconvénients, afin d'évaluer la fiabilité de la méthode et par conséquent des résultats que nous avons obtenus et ceux qui seront produits dans l'avenir.

5. Références bibliographiques

- **Amara R.** 2010. Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Exemple de la Manche-mer du nord. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 8, Article Hors-série 8. <https://doi.org/10.4000/vertigo.10129>
- **Bonacorsi M., Pergent-Martini C., Breand N., & Pergent G.** 2013. Is *Posidonia oceanica* regression a general feature in the Mediterranean Sea? *Mediterranean Marine Science*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.12681/mms.334>
- **Boudouresque C.F., Bernard G., Pergent G., Shili A., & Verlaque M.** 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: A critical review. 52(5), 395–418. <https://doi.org/10.1515/BOT.2009.057>
- **Boudouresque C.-F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Di-viaccio G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., & Tunesi L.** 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. RAMOGE and RAC/SPA. <https://hal.science/hal-00808491>
- **Bougherira A., Ghodbani T., & Kouti A.** 2020. Contemporary geomorphic evolution of Falcon Cape sandy coastline (Oran, Algeria): Geographical information system (GIS)-based approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(18), 937. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05983-7>
- **Campagne C.S., Salles J.-M., Boissery P., & Deter J.** 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine Pollution Bulletin*, 97(1), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.061>
- **Fornes A., Basterretxea G., Orfila A., Jordi A., Alvarez A., & Tintore J.** 2006. Mapping *Posidonia oceanica* from IKONOS. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60(5), 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2006.04.002>
- **Kaddour Seghir Hadjira et Touahria Fatima Zohra.** 2023. Cartographie spatio-temporelle de la répartition de l'herbier à *Posidonia oceanica*, au-devant de la plage de Stidia (Mostaganem, Algérie). Mémoire de master, Université de Mostaganem. 51 p.

- **Kermani S., Boutiba M., Guendouz M., Guettouche M.S., & Khelfani D.** 2016. Detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation: Case of Jijelian sandy coast (East Algeria). *Ocean & Coastal Management*, 132, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.010>
- **Lafabrie, C. 2007.** Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) Delile comme bio-indicateur de la contamination métallique [Université de Corse]. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/3082/>
- **Leclaire, L. 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares, précontinent algérien. Muséum national d'histoire naturelle.
- **Mancini, G., Mastrantonio, G., Pollice, A., Jona Lasinio, G., Belluscio, A., Casoli, E., Silvia Pace, D., Ardizzone, G., & Ventura, D. 2023.** Detecting trends in seagrass cover through aerial imagery interpretation: Historical dynamics of a *Posidonia oceanica* meadow subjected to anthropogenic disturbance. *Ecological Indicators*, 150, 110209. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110209>
- **Marbà, N., Díaz-Almela, E., & Duarte, C. M. 2014.** Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation*, 176, 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.024>
- **Montefalcone M., Vacchi M., Archetti R., Ardizzone G., Astruch P., Bianchi C.N., Calvo S., Criscoli A., Fernández-Torquemada Y., Luzzo F., Misson G., Morri C., Pergent G., Tomasello A., & Ferrari M. 2019.** Geospatial modelling and map analysis allowed measuring regression of the upper limit of *Posidonia oceanica* seagrass meadows under human pressure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 217, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.11.006>
- **Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., Agreil M., Skoufas G., Sourbes L., & Tsirika A. 2005.** Use of SPOT 5 for mapping seagrasses: An application to *Posidonia oceanica*. *Remote Sensing of Environment*, 94(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.09.010>
- **Thieler E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi J.L., & Ergul A. 2009.** The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change (USGS Numbered Series 20081278; Open-File Report). U.S. Geological Survey. <http://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20081278>
- **Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri C., & Bianchi C.N. 2013.** The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 75(1), 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.044>
- **Zucchetto M., Venier C., Taji M.A., Mangin A., & Pastres R. 2016.** Modelling the spatial distribution of the seagrass *Posidonia oceanica* along the North African coast: Implications for the assessment of Good Environmental Status. *Ecological Indicators*, 61, 1011–1023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.059>

Utilisation de *Casuarina equisetifolia* comme bioindicateur de la pollution de l'air par le plomb, le cuivre et le zinc d'origine trafic routier dans la ville de Mascara (nord-ouest Algérie).

LAKHDARI Aissa*¹, DRIR Fatima Zohra ²

¹ Laboratoire Eco-développement des espaces, faculté des sciences de la nature et de la vie, université de Sidi Bel Abbès

² Faculté des sciences de la nature et de la vie, université de Mustapha Stambouli de Mascara

R É S U M É :

Mots clés :

Pollution, *Casuarina equisetifolia*, bioindicateur, spectrophotomètre, pente, plomb.

Les espèces végétales ligneux à côté des axes routiers en milieu urbain, sont très utilisés comme des bioindicateurs de la pollution ; notamment la pollution de l'air par les métaux lourds d'origine trafic routier, c'est dans ce contexte s'inscrit la présente étude qui porte sur l'utilisation de *Casuarina equisetifolia* en tant que biobioindicateur possible de la pollution atmosphérique par le plomb, le cuivre et le zinc, d'origine trafic routier dans la ville de Mascara (nord-ouest Algérie). En fait, *Casuarina equisetifolia* est très utilisé dans la zone d'étude comme une plante ornementale, à cet effet, les aiguilles de cet arbre ont été collectées sur différents endroits à côté des axes routiers avec différentes densité de trafic routier. En outre, un site témoin éloigné de toute source de pollution de l'air par les métaux lourds est servir pour la comparaison des résultats.

Le dosage de plomb, de zinc et de cuivre dans les aiguilles a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre à absorption atomique de flamme, selon le protocole préconisé pour ce type de d'étude. Les résultats obtenus sur la concentration de plomb, de cuivre et de zinc dans les différents sites urbains et le site témoin, montrent différentes concentrations. Les concentrations maximales en trois métaux lourds étudiés, ont été enregistrées dans les échantillons prélevés dans les sites caractérisés par un trafic routier important et d'une pente importante, en même temps, les faibles concentrations ont été enregistrées au niveau de site témoin. La différence de concentrations entre les différents sites urbains et le site témoin est liée à la différence de la densité du trafic routier, d'autre part à la topographie des sites.

Les résultats de la présente étude, montrent la possibilité d'utiliser les espèces ligneuse introduites en milieu urbain comme des plantes ornementales pour détecter la pollution de l'air par les métaux lourds émis par les véhicules, comme le cas du *Casuarina equisetifolia*.

1. INTRODUCTION

La pollution par les métaux lourds, représente un problème environnemental important, en raison de l'effet toxique des polluants métalliques et de leur accumulation dans toute la chaîne alimentaire avec des graves problèmes écologiques et sanitaires. Tous les éléments métalliques sont très toxiques même en faibles concentrations, surtout s'ils sont absorbés en excès par les organismes vivants. En effet, la toxicité d'un élément métallique dans l'environnement, dépend de la forme chimique sous laquelle il existe (forme assimilable par les organismes vivants ou pas). L'une des caractéristiques de la toxicité des métaux lourds ; c'est leur pouvoir de former des complexes (Morgan et Stumm, 1991). D'après Braieche et Bousnia (2019), les métaux toxiques ont un caractère polluant avec des effets néfastes pour les organismes vivants, même en faibles concentrations et ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule, c'est le cas par exemple du plomb (Pb), du mercure (Hg) et du cadmium (Cd). Ces dernières années les moyens de transport surtout, sont devenus une source importante d'émission des polluants organiques et inorganiques dans l'atmosphère urbaine. Par ailleurs, les émissions industrielles ont diminuées considérablement, par contre celles dues aux moyens de transports, sont augmentées significativement malgré les progrès effectués sur les moteurs et la réglementation toujours plus contraignante

pour les constructeurs d'automobiles, afin de réduire en maximum les émissions des véhicules (Fantan, 2004). Les véhicules utilisent des carburants fossiles, émis dans l'air des polluants de différente nature, comme l'acide nitrique (HNO₃), émis directement par les véhicules diesels (Malbriél, 1997), ainsi le NO₂, gaz aux propriétés fortement oxydantes, lié principalement au trafic routier (Nicolas et al., 2002).

Dans les pays en voie de développement, il est estimé que 0,5 à 1,0 million de personnes, meurent chaque année à la suite d'une exposition à la pollution de l'air, surtout en milieu urbain (Kojima, 2001). L'air en milieu urbain est contaminé par un cocktail de polluants, émis principalement par les véhicules utilisent un combustible fossile (Leygonie, 1993). En outre, l'usure des pneus et la dégradation des pièces mécaniques en particulier les plaques de freins des véhicules, constituée aussi une source importante de la pollution de l'air, de l'eau et du sol par les métaux lourds (Sadiq et al., 1989; Wei et Morrison, 1994; Monaci et al., 2000; Ozaki et al., 2004; Suzuki et al., 2009). Généralement, les principaux polluants liés au trafic routier, sont des polluants organiques et inorganiques comme ; le plomb, le cad-

*Corresponding author.

E-mail address: medraouf29@gamil.com

mium, le cuivre et le zinc (Viard *et al.*, 2004). Par ailleurs, certains métaux sont des oligo-éléments très essentiels à la croissance des plantes en faibles doses, cependant, les plantes poussent dans un environnement très pollué, peuvent les accumuler à des concentrations élevées et toxiques (Hovmand *et al.*, 1983; Huckbee *et al.*, 1983; Kabata-Pendias et Pendias, 1984; Alloway, 1990; Vousta *et al.*, 1996; Sharma *et al.*, 2004).

Pour contrôler la qualité de l'atmosphère urbaine surtout à côté des axes routiers, de nombreux capteurs physico-chimiques sont mise en place pour détecter tous les polluants organiques et inorganiques, comme les capteurs de SO₂ et NO₃. En fait, les capteurs physico-chimiques, permettent de mesurer que les concentrations momentanées à travers des mesures directes ou par échantillonnage passif. Cependant, il est difficile de multiplier les points de mesures, car les capteurs sont coûteux et leur utilisation est restreinte à certains polluants. Ainsi, il est insuffisant de connaître la concentration et la nature d'un polluant dans l'air, mais le plus important est de connaître ses effets sur les organismes vivants. A ce sujet Chakhparonian (1995), signale que les méthodes physico-chimiques basées sur les capteurs, ne permettent pas d'estimer ni les effets cumulés dans le temps, ni les effets synergiques ou antagoniques de plusieurs polluants. Pour cela, la recherche des méthodes alternatives de la technique des capteurs est 'une nécessité. Parmi les méthodes actuelles de l'étude de la pollution de l'air en milieu urbain ; est l'utilisation des espèces végétales introduites dans les villes comme des espèces ornementales pour contrôler la contamination de l'air. En fait, la végétation surtout ligneux introduite en milieu urbain, joue un rôle important dans le captage des polluants atmosphériques métalliques, donc elle contribue à la lutte contre la pollution de l'air et servir comme un bioindicateur très efficace de la pollution atmosphérique (Lakhdari, 2013). C'est la raison pour lequel les spécialistes en pollution atmosphérique ont été orientés vers l'utilisation des organismes vivants (végétaux et animaux), dont l'utilisation peut apporter des informations supplémentaires. A ce sujet Market *et al.*, (2003), signalent que la qualité de l'air peut être contrôlé par la mesure directe des polluants dans l'air ou par leur dépôt sur le sol c'est-à-dire par la bio-surveillance. Ainsi, l'utilisation des bio-indicateurs donne des informations sur la quantité des polluants et leurs effets sur les organismes en contact direct avec la pollution. Actuellement, plusieurs bio-indicateurs sont utilisés pour la surveillance de la pollution atmosphérique, particulièrement dans les zones urbaines ; notamment les espèces ligneux, les champignons et les lichens (Huseyinova *et al.*, 2009). Généralement, les feuilles d'arbres des régions contaminées, sont les meilleurs accumulateurs des éléments chimiques déposés sur la surface foliaire (Mankovska *et al.*, 2004). Selon Srinivas *et al.*, (2009), les métaux lourds présent dans l'atmosphère sont déposés sur les surfaces des plantes, d'autre part les polluants en suspension dans l'air peuvent aussi retenir par la surface des feuilles en même temps, certains éléments peuvent pénétrer par les stomates et s'accumuler dans les tissus des feuilles.

L'objectif principal de cette étude est l'utilisation de *Casuarina equisetifolia*, comme une plante bioindicatrice de la pollution de l'air par plomb, cuivre et zinc d'origine trafic routier dans la ville de Mascara.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES :

2.1. Présentation de la zone d'étude :

La présente étude a été réalisée dans la ville de Mascara, chef lieu de la wilaya de Mascara, elle est située au Nord-Ouest d'Algérie à (N 35°26', E 02° 11') (Figure 01). Mascara, s'étend sur une superficie de 86 Km² (D. P. A. T, 2013), elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen semi-aride avec deux saisons l'une froide et humide, l'autre chaude et sèche, les précipitations annuelles moyennes est d'environ 450 mm/an. La température moyenne annuelle est de 13.1°C.

Mascara, est l'une des villes les plus peuplées du Nord-ouest d'Algérie avec une population de plus de 205 000 habitants (D.P.A.T, 2013), elle dispose d'un réseau de voirie assez dense et diffère d'un quartier à un autre. Au centre de la ville, les principaux axes routier de caractéristiques géométriques relativement bonnes (larges routes avec larges chaussées), permettant une bonne accessibilité aux différents endroits. Il existe néanmoins quelques voiries avec des chaussées plus réduites. Cependant le réseau de voirie dans son ensemble est de large voies de circulation, aussi il y a lieu de souligner l'existence d'axes routiers avec qu'une seule voie de circulation, avec des

chaussées très étroites et caractérisés par une pente importante en même temps.

2.2. Parc automobile de la ville de Mascara :

Le parc automobile de la ville de Mascara, constitué de plus de 450300 véhicules dont plus de 60%, sont des véhicules particuliers, cependant ces dernières années, le taux de motorisation des ménages a relevé une progression de 30 % du trafic. Ce parc se renouvelle lentement 73% représente les véhicules âgées de plus de 15 ans. Les véhicules âgés sont les plus polluants (Lakhdari, 2013). Donc le parc automobile de la ville est jugé relativement vieux. Par ailleurs, il est utile de souligner que les véhicules de transport occupent une place importante avec 10 % du trafic, en outre le poids lourd présente 12% du trafic global, donc le total des véhicules motorisés dans la ville de Mascara est de 410000, tous les catégories confondus (Direction du transport de la wilaya de Mascara, 2013).

2.3. Les espèces végétales ligneuses de la ville de Mascara :

Les différentes espèces végétales ligneuses introduites dans la ville de Mascara, sont très diversifiées sur le plan biologique. En fait, *Casuarina equisetifolia* est l'arbre dominant. Elle est utilisée comme une plante ornementale dans les jardins publics et comme arbre d'alignement sur les principaux axes routiers (Lakhdari, 2005). A cet effet elle a été utilisée dans l'étude.

2.4. Choix des sites et le prélèvement des échantillons :

La phase d'échantillonnage est toujours une étape délicate dans toute recherche en écologie. En fait, un mauvais choix du matériel de l'étude peut mettre en péril la fiabilité des résultats ou entraîner un manque de cohérence vis-à-vis de la problématique abordée. Alors, pour le choix des échantillons il est important de respecter en général les conditions suivantes (Ennajah, 2010); la dominance des arbres à échantillonnées, car sont les meilleurs enregistreurs des conditions du milieu, ainsi l'âge apparemment maximal et en se basant sur les caractères extérieurs des arbres (diamètre du tronc, forme du houppier). En outre, pour éviter les problèmes éventuels liés au comportement des arbres d'âge différent vis-à-vis des facteurs environnementaux, il est nécessaire de sélectionner des individus en bonne état sanitaire (arbres sans plaies et sans blessures), sans aucunes signes évidents d'attaques parasitaires ou de traumatismes accidentels (Fritts, 1976; Tessier, 1984).

Avant de sélectionner les individus à échantillonner, une prospection du terrain a été effectuée dans le milieu urbain de la ville de Mascara, afin de déterminer les individus à proximité des axes routiers, soumis à un trafic routier important. Finalement, 7 sites urbains caractérisés par la présence de *Casuarina equisetifolia* identifiés de S1 à S7 à coté de principaux axes routiers et un site témoin (ST), éloigner de toute source de pollution de l'air induite par le trafic routier ont été sélectionnés en 2013 (figure 02). Le choix de l'emplacement des sites est basé sur la présence d'un trafic routier important, d'autre part, sur la topographie de la route (routes en pente).

Le prélèvement des échantillons de feuilles en respectant deux facteurs importants: l'exposition de l'arbre sur lequel s'effectue la récolte par rapport à la source de pollution et la distance de l'arbre par rapport à la source de pollution (Garrec et Van Haluwyn, 2002; Maatoug *et al.*, 2007). Pour cela, au niveau de chaque site un arbre a été individualisée pour récolter les feuilles, serviront à l'étude. Les arbres sélectionnés pour le prélèvement des échantillons, sont bien développés avec un tronc de plus de 40 cm de diamètres et sans aucuns signes de maladies ou de blessures et d'un houppier bien développé. Au niveau de chaque site 10 aiguilles, ont été collectées manuellement par arbre sur le côté exposé de la route, puis stockées dans sachets en papier pour les analyses ultérieurs selon la technique de Garrec et Van Haluwyn, (2002); Maatoug *et al.*, (2007). Les échantillons ont été transportés en laboratoire et sont mise en séchage à l'air le même jour de prélèvement.

2.5. Analyse chimique :

Pour déterminer la concentration en plomb, en cuivre et en zinc dans les

feuilles de *Casuarina equisetifolia*, la technique de minéralisation utilisée est celle de Maatoug *et al.*, (2007); Belhadj, (2009); Slaveya et Petrova (2011). En fait, la quantification de la concentration totale en éléments métalliques dans les végétaux nécessite une minéralisation, afin d'éliminer la matière organique elle se fait généralement par l'attaque des acides des phases solides. Dans la plupart du temps, les méthodes de préparation et de dosage des métaux dans le sol sont les mêmes pour les feuilles, les lichens et les champignons (Deletraz et Paul, 1998; Flückiger et Flückiger-Keller, 1978).

La technique de minéralisation adoptée, consiste à utiliser 200 mg de la matière sèche des feuilles de *Casuarina* séchées et broyées, la poudre très fine est insérée dans un four à moufle avec une température de 500°C, après l'incinération la poudre est mise en solution dans un mélange de 0,5 ml de l'acide nitrique, d'acide fluorhydrique et l'acide perchlorique dans des tubes à essai de 10 ml, après l'incubation pendant 24 h les tubes sont portés à ébullition dans un bain-marie et complétés avec 10 ml d'eau distillée. Le dosage de plomb, de zinc et de cuivre dans les solutions a été réalisé par une spectrométrie d'absorption atomique en mode d'atomisation électrothermique (Spectromètre Perkin-Elmer modèle 100), au niveau de laboratoire de chimie de la faculté des sciences exactes, université de Sidi Bel Abbès. Enfin, après le dosage des trois métaux lourds étudiés le coefficient de corrélation de Pearson a été calculé à l'aide d'un logiciel de statistique « STATISTICA 6.0 ».

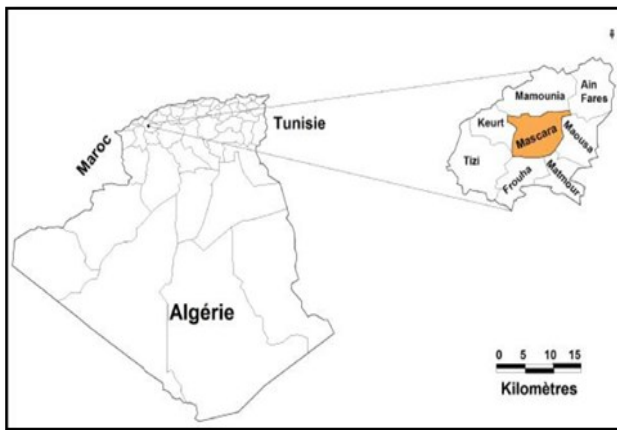


Figure 01 : Situation géographique de la ville de Mascara.

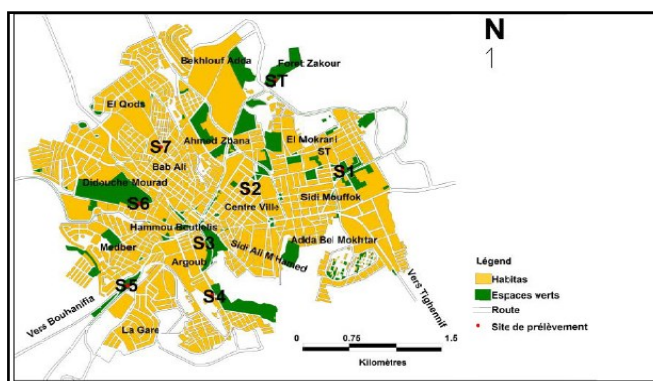


Figure 02 : Localisation des sites d'échantillonnage au niveau de la ville de Mascara

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION :

Les résultats obtenus sur la concentration de plomb, de cuivre et de zinc (ppm) dans les aiguilles de *Casuarina equisetifolia*, sont présentées dans le tableau 01. D'après les résultats, il existe une différence très significative entre les différents sites urbains et le site témoin. En fait, les fortes concentrations en métaux lourds ont été enregistrées dans l'ensemble des sites urbains

(S1... , S7), et les faibles concentrations ont été enregistrées dans le site témoin (ST).

La différence des concentrations en plomb, en cuivre et en zinc dans les sites urbains et le site témoin est attribuée à la différence de la densité de trafic routier entre les sites situés dans le milieu urbain et le site témoin. Cependant, la comparaison de la concentration entre les trois métaux lourds étudiés, montre que le zinc présente la concentration la plus élevée par rapport au plomb et au cuivre dans tous les sites urbains. La concentration la plus élevée en zinc est de 15.82 ppm a été enregistrée dans les échantillons prélevés au niveau de site 2 (S2), suivi par les échantillons prélevés au niveau de site 4 (S4) avec 15.01 ppm. Tandis que, la valeur la plus faible est de 0.95 ppm a été enregistré dans les échantillons prélevés au niveau de site témoin (ST). La pollution de l'environnement par le zinc influence en grande partie la concentration de ce métal dans les plantes (Srinivas *et al.*, 2009). La plus part des temps, le zinc provient principalement des dépôts atmosphériques liés à la circulation automobile (Conti *et al.*, 2008). Les concentrations élevées en zinc enregistrées en milieu urbain et près des routes, sont liées principalement à l'usure des pneus des véhicules (Lakhdari, 2013). D'autre part, le zinc est un oligo-élément essentiel à la croissance des plantes et considéré comme un facteur important de la biosynthèse des enzymes, des auxines et de certaines protéines, mais lorsque leur concentration atteint un certain niveau élevé, elles deviennent toxiques pour les plantes et produisent divers changements physiologiques et biochimiques chez les plantes. Le niveau toxique critique de zinc dans les feuilles des végétaux est d'environ 100 ppm (Aellen *et al.*, 1974; Yilmaz et Zengin, 2004). En comparaison les résultats de zinc de la présente étude avec la valeur de 100 ppm, il est clair que les concentrations en zinc enregistrées dans les différents sites urbains de la ville de Mascara, sont significativement supérieures à la valeur limite. Pour cela, il est important de constater que l'air de la ville de Mascara est fortement pollué par le zinc d'origine trafic routier.

En ce qui concerne le plomb, les résultats obtenus montrent aussi des concentrations élevées au niveau de site 2 (S2) avec 5.64 ppm et au niveau de site 4 (S4) avec 4.94 ppm. Tandis que la plus faible concentration a été enregistrée au niveau de site témoin (ST) avec 0.13 ppm. Plusieurs études montrent que la pollution de l'atmosphère par le plomb est liée principalement aux émissions des véhicules utilisant une essence plombée (Koeppel, 1981; Viard *et al.*, 2004; Yilmaz et Zengin, 2004). En Algérie, l'addition de plomb dans l'essence est de 0,45 g/L (Semadi et Derulle, 1993). Le plomb est un poison mortel et cumulatif, même lorsqu'il est consommé en petites quantités, il est capable de tuer les récepteurs nerveux chez l'homme (Nwaodozie, 1998). La relation entre les concentrations élevées en plomb et l'intensité du trafic routier a été signalée plusieurs auteurs (Gromov et Emlina, 1994; Li *et al.*, 2001; Viard *et al.*, 2004). Selon Allen (1989), la teneur normale en Pb dans les plantes exposées à une pollution de l'air par le plomb doit être inférieure à 3 ppm. Généralement, les concentrations en plomb dans la végétation plantée dans les zones urbaines, ont augmenté considérablement ces dernières décennies en raison de l'augmentation du parc automobile des véhicules utilisant l'essence plombée.

Les résultats obtenus sur le cuivre, montrent que la concentration la plus élevée en cuivre est de 3.15 ppm a été enregistrée dans les échantillons prélevés au niveau de site 2 (S2), tandis que la concentration la plus faible est de 0,72 ppm, a été enregistrée dans le site témoin (ST). Le site 2 (S2) est caractérisé par une pente importante ce qui oblige les conducteurs à utiliser les freins, en conséquence l'augmentation des émissions en cuivre, car le cuivre est inclus dans le système de frein des véhicules; notamment les plaques de frein. Le cuivre est un élément important pour la croissance des végétaux, est un catalyseur des réactions d'oxydation et de réduction. En fait, la principale source de cuivre en milieu routier c'est la circulation des automobiles (Aksoy *et al.*, 2005). Kabata-Pendias et Piotrowska (1984), signalent que la teneur normale en cuivre dans les plantes, varie de 2 à 20 ppm, mais dans la plupart des cas la concentration est de 4 à 12 ppm. En comparaison les résultats obtenus avec cette valeur limite, il est clair que les concentrations de cuivre enregistrées dans la ville de Mascara, sont supérieures aux valeurs limites. Donc, il est clair que l'atmosphère de la ville de Mascara est polluée par le cuivre lié principalement au trafic routier.

L'analyse de coefficient de la corrélation de Pearson pour le plomb, le zinc et le cuivre, montre clairement que les paires élémentaires Pb/Zn

($r=0,75$); Pb/Cu ($r=0,56$); Pb/Ni ($r=0,81$); Zn/Cu ($r=0,73$), sont significativement corrélées entre eux. Ceci explique clairement que l'origine de la contamination des aiguilles de *Casuarina equisetifolia* par ces trois métaux lourds dans la ville de Mascara est le trafic routier ; c'est-à-dire le plomb, le zinc et le cuivre sont de même origine, donc ils sont émis directement par les véhicules. Selon *Seshan et al., (2010)*, les métaux positivement corrélés, provient de la même source anthropique. Dans la plus part des temps, le plomb, le cuivre et le zinc sont les principaux polluants métalliques en relation direct avec le trafic routier (*Dolan et al., 2006*).

TABLEAU 1. : les concentrations de plomb, de cuivre et de zinc dans les aiguilles de *Casuarina equisetifolia*

Sites	Plomb (Pb) ppm	Cuivre (Cu) ppm	Zinc (Zn) ppm
S1	3.25	1.89	12.70
S2	5.64	3.15	15.82
S3	4.50	2.13	11.42
S4	4.94	2.16	15.01
S5	4.36	1.97	12.75
S6	3.91	2.08	11.51
S7	4.61	2.94	11.93
ST	0.13	0.72	0.95

4. CONCLUSIONS :

Les résultats obtenus sur l'utilisation de *Casuarina equisetifolia*, comme bioindicateur possible de la pollution de l'air par le plomb, le cuivre et le zinc d'origine trafic routier dans la ville de Mascara, montrent que les feuilles (aiguilles) de cette plante, accumulent des concentrations élevées pour les trois métaux étudiés dans le milieu urbain et à côté des axes routiers, en même temps, les faibles concentrations ont été enregistrées dans le site témoin, caractérisé par l'absence de toute source de contamination atmosphérique par les métaux lourds. Ainsi, la topographie de la route à une influence positive sur les émissions des véhicules, principalement le plomb et le cuivre.

Enfin, le coefficient de la corrélation de Pearson calculer entre le plomb, le cuivre et le zinc, montre une corrélation positive pour l'ensemble des métaux, cela explique que l'air de la ville de Mascara est contaminer par la même source ; le trafic routier.

5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- **Aksoy, A., Demirezen, D., Duman, F. 2005.** Bioaccumulation, detection and analyses of heavy metal pollution in Sultan Marsh and its environment. *Water Air Soil Pollution*, 164 (14): 241-255.
- **Allen, S.E. 1989.** *Chemical analysis of ecological materials* (second edition). Blackwell Scientific Publications, Oxford, London.
- **Alloway, B.J. 1990.** *Heavy metals in soils. Blackie Academic & Professional*, Glasgow, 339 p.
- **Belhadj, H. 2009.** Quantification de la pollution atmosphérique due au trafic routier à l'aide de certaines espèces végétales bioaccumulatrices du (Zn, Pb, Cu) dans le milieu urbain de Sidi Bel Abbès. *Mémoire de magister*, Université de Sidi Bel Abbès. 80 p.
- **Braich, I.C.E. et Bousnina, M.B. 2019.** Elimination des métaux lourds, des effluents industriels, par des zéolites de types FAU07. *Mémoire de Master*, Université KASDI-MERBAH Ouargla. 90p.
- **Conti, M.E., Pino, A., Boca, B., Alimenti, A. 2008.** Lichen *Usnea barbata* as a biomonitor of airborne elements deposition in the Province of Tierra del Fuego (southern Patagonia, Argentina). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72: 1082-1089.
- **D.P.A.T. 2013.** Direction de Planification et de l'Aménagement du Territoire de la wilaya de Mascara.
- **Deletraz, P. et Paul, M. 1998.** Etat de l'art pour l'étude des impacts des transports routiers à des évaluations scientifiques aux décisions politiques. *DESS Ressources Naturelles et Environnement*, Université de Metz, France. 156 p.
- **Dolan, L.M.J., Van Bohemen, H., Whelan, P., Akbar, K.F., O'Malley, G., & Keizer, P.J. 2006.** Towards the sustainable development of modern road ecosystem. *The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment*. Springer Netherlands, pp. 275-331.
- **Ennajah, A. 2010.** Croissance et productivité des forêts de chêne liège *Quercus suber* L. espaces verts de la ville de Mascara (Nord-ouest Algérie). *Mémoire de magister*, Université.
- **Fritts, H.C. 1976.** *Tree rings and climate*. London, New-York, San Francisco. Ed.
- **Hovmand, M.F., Tjell, J.C., Mosbaek, H. 1983.** Plant uptake of airborne cadmium. *Environmental Pollution*, 30pp: 27-38.
- **Huseyinova, R., Kutbay, H.G., Bilgin, A., Kiliç, D., Horuz, A., Kimanoglu, C. 2009.** Sulphur and some heavy metal contents in foliage of *Corylus avellana* and some roadside native plants in Ordu Province, Turkey. *Ekoloji*, 18(70): 10-16.
- **Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 1984.** *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Boca Raton FL, 315 p.
- **Kabata-Pendias, A., Piotrowska, M. 1984.** *Zanieczyszczenie Glebi Roslin Uprawnych Pierwiastkami Sladowymi*. CBR Opracowanie Problemowe, Warsaw, Poland.
- **Koepp, D.E. 1981.** Lead: understanding the minimal toxicity of lead in plants. In: LEPP, N.W. (Ed.), *Effect of heavy metal pollution on plants. Effects of trace metals on plant function*. Applied Science Publishers, London, pp. 55-76.
- **Kojima, M.L. 2001.** *Urban air quality management*. World Bank, Washington D.C.
- **Lakhdari, A. 2013.** Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur quelques espèces forestières de l'ouest Algérien. *Thèse de doctorat en Foresterie*, 230p+ annexe.
- **Lakhdari, A. 2005.** Inventaire et comportement des espèces végétales dans l'aménagement des espaces verts de la ville de Mascara (nord-ouest) Algérie. *Mémoire de magister*, 160p.
- **Leygonie, R. 1993.** *Heavy metals in the atmosphere: sources, emissions, measurement, effects*. *Pollution Atmosphérique*, 35: 63-74.
- **Li, X., Poon, C., Liu, P. 2001.** Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*, 16: 1361-1368.
- **Maatoug, M., Hellal, B., Dellal, A., Ayad, N., Bourbatach, M. 2007.** Detection of air pollutants from road traffic by using two flora species as bio-accumulators of Pb, Zn, and Cu. *Revue Atmospheric Pollution*, 196: 385-394.
- **Monaci, F., Moni, F., Lanciotti, E., Grechi, R., Bargagli, R. 2000.** Bio-monitoring of airborne metals in urban environments: New tracers of vehicle emissions, in place of lead. *Environmental Pollution*, 107: 321-327.
- **Nicolas, J.P., Duprez, F., Durand, S., Poisson, F., Aubert, L., Chiron, M., Crozet, Y., Lambert, J. 2002.** 10 ans de monétarisation des effets locaux de la pollution atmosphérique, Tome 1.

- **Nwaedozie, J.M. 1998.** The determination of heavy metal pollution in fish samples from River Kaduna. *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 23: 21-23.
- **Ozaki, I., Watanabe, I., Kuno, K. 2004.** As, Sb, and Hg distribution and pollution sources in the roadside soil and dust around Kamikochi, Chubu Sangaku National Park, Japan. *Geochemical Journal*, 38: 473-484.
- **Petrova, S. 2011.** Biomonitoring study of air pollution with *Betula pendula* Roth. Plovdiv, Bulgaria. - *Ecologia Balkanica Journal* 3(1): 1-10.
- **Sadiq, M., Alam, I., El-Mubarek, A., Al-Mohdhar, H.A. 1989.** Preliminary evaluation of metal pollution from wear of auto tires. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 42: 743-748.
- **Semadi, A., Deruelle, S. 1993.** Détection de la pollution plombique à l'aide de transplants lichéniques dans la région d'Annaba (Algérie). *Journal of Atmospheric Pollution*, 35: 86-102.
- **Seshan, B.R.R., Natesan, U., Deepthi, K. 2010.** Geochemical and statistical approach for evaluation of heavy metal pollution in core sediment in southeast coast of India. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(2): 291-306.
- **Sharma, O., Bangar, P., Rajesh Jain, K.S., Sharma, P.K. 2004.** Heavy metals accumulation in soils irrigated by municipal and industrial effluent. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 46(1): 65-73.
- **Srinivas, N., Ramakrishnarao, S., Suresh Kumar, K. 2009.** Trace metal accumulation in vegetables grown in industrial and semi-urban areas. A case study. *Applied Ecology and Environmental Research*, 7(2): 131-139.
- **Suzuki, K., Yabuki, T., Ono, Y. 2009.** Roadside leaves as bioindicators of heavy metal pollution in traffic areas of Okayama, Japan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149: 133-141.
- **Viard, B., Pihan, F., Promeyrat, S., Pihan, C. 2004.** Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: bioaccumulation in soil, Gramineae, and land snails. *Chemosphere*, 55: 1349-1359.
- **Vousta, D., Gramanis, A., Samara, C. 1996.** Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. *Environmental Pollution*, 94: 325-335.
- **Wei, C., Morrison, M. 1994.** Platinum in road dust and urban river sediments. *The Science of the Total Environment*, 146/147: 169-174.
- **Yilmaz, S., Zengin, M. 2004.** Monitoring environmental pollution in Erzurum by chemical analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. *Environment International*, 29(8): 1041-1047.

Controlling autochthonous dairy biofilms on fresh milk receiving lines with an adapted cleaning-in-place protocol

DAHOU Abdelkader El Amine^{*1}, TAHLAITI Hafida¹, MEDJAHED Mostefa¹, SEDDAR YAGOUB Fatima¹, DOUBBI BOUNOUA Lahcen¹, BEKHIHAL Amin¹, BENABDELMOUMENE Djilali¹⁻² and DOUKANI Koula¹⁻³.

¹ Laboratory of Sciences and Technics of Animal Production, Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, Algeria.

² Applied Animal Physiology Laboratory, Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, Algeria.

³ Faculty of Natural and Life Sciences, Ibn Khaldoun, Tiaret, Algeria.

ABSTRACT

Microbial contamination of surfaces remains a topical issue in many sectors of the agri-food industry, particularly in the dairy sector. The presence in collected milk of a diverse microbial flora, constituting dairy biofilms native to livestock farms, is alarming for dairy industry professionals, as these contaminants are recognized as the source of major economic and health problems. In this study, we were able to isolate strains of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* from rinsing water recovered from a CIP cleaning-in-place of a dairy's fresh milk reception line. Our contribution was to characterize bacterial biofilm patterns on a dairy receiving line (i.e. spoilage and pathogenic flora), carry out cleaning kinetics and model them in order to optimize CIP with available equipment. Our scientific contribution was to discriminate between the respective actions of each stage or activity involved in cleaning, i.e. soaking by hydration in treated water combined with chemical attack, rinsing by mechanical action alone, cleaning by combining mechanical action with chemical action. This approach has enabled us to put forward solutions for combating the contaminants characterized as initiators of dangerous dairy biofilms, and to explain the response to be modeled by the action of physical, biological and/or chemical phenomena. Bacterial inactivation is more or less easily eliminated by an adapted mechanical action, linked to chemistry via concentration, combining the passage of two solutions, one alkaline and the other acidic, to a biocidal disinfection.

Key words:

Bacterial biofilm, Receiving line, CIP, Chemical action, Mechanical action.

1-Introduction:

Biofilm control is a major issue in the industrial sector. Biofilms in the food industry are recognized as the source of major economic and health problems. They are responsible for reduced yields and increased production costs, due to spoilage of processed products and deterioration of equipment and materials (Titouche, 2018). On the one hand, biofilms are a source of contamination of processed foods by undesirable germs and are widely incriminated in the degradation of the organoleptic and sanitary quality of finished products and the shortening of their shelf life. On the other hand, fouling of production lines and heat exchangers such as coolers and pasteurizers, and corrosion problems, reduce the efficiency of these devices, with repercussions in particular on the quality of processed products. In dairy processing companies, the fight against biofilms is part of the process of improving the microbiological quality of finished products. In the dairy industry, disseminated contamination from industrial surfaces is widely recognized (Hamirouche et al., 2014; Mansour, 2015; Maukonen et al., 2003).

The dairy environment is conducive to the development of biofilms; indeed, the nature of the species that make up these microbial ecosystems is largely influenced by the conditions of the technological processes (Blel et al., 2007; Branda et al., 2005).

In the dairy industry, various micro-organisms are found on processing and storage lines. These have the capacity to form biofilms if not eliminated (Chmielewski and Frank, 2003). The presence of biofilm in the dairy industry is a major problem with serious repercussions. Contaminated milk leads to manufacturing accidents, economic loss and health risks for the consumer (Gundz and Tuncel, 2006; Sharma and Anand, 2002).

Among these microorganisms, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* are two pathogens regularly encountered, particularly in dairy production and processing lines, and endowed with a capacity to form biofilms.

The aim of this study was twofold: firstly, to identify strains of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* with the ability to form dairy biofilms in the receiving line of a mini-dairy plant in Mostaganem, Algeria, and secondly, to find out how to optimize the removal of these biofilms from the milk receiving line.

*Corresponding author.

E-mail address: abdelkader.dahou@univ-mosta.dz

2-Materials and methods

2.1-Location and scope of study

The biofilms formed in the metering pipes, the cooling heat exchanger and on the transfer line to storage will be characterized in terms of the count of their constituent bacteria, their microscopic structure and their behavior in relation to the conventional in-place cleaning plans commonly used in the dairy industry, and more specifically at a mini-dairy in the town of Mostaganem, Algeria. The ability of biofilms to re-adhere after acid-alkaline cleaning was assessed using a simple microbiological characterization technique on specific media.

This work was carried out over a period extending from the end of February 2023 to the end of July 2023.

Its aim is to isolate and characterize strains of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* isolated from rinsing water at three levels of the receiving line for fresh milk collected from a mini-dairy in the town of Mostaganem, to study their ability to form a biofilm, and also to set up a means of control using a suitable CIP.

2.2-Materials

2.2.1-Biological equipment and specific culture media

- Rinsing water at three levels of the fresh milk reception process
- Specific culture media
- The selective medium for *Bacillus cereus* according to Mossel is used for the detection and enumeration of spores and vegetative forms of *Bacillus cereus* in the dairy industry. The standard formula corresponds to the composition of MYP agar (mannitol, egg yolk and polymyxin) defined in standards NF EN ISO 7932 and NF EN ISO 21871.

- Chapman selective medium or mannitol salt medium is a selective medium used for the isolation, enumeration and differentiation of *Staphylococcus*. This medium is both a selective and a differential agar. The medium selects organisms that can live in areas with a high concentration of salt (sodium chloride) and mannitol fermentation, highlighted by the yellow color of the pH indicator (phenol red), which helps orient the diagnosis.

2.2.2-Non-biological equipment

- CIP station :
- The role of the CIP station is to clean the various installations within the plant. The CIP area consists of five tanks:
- Recovered or rinse water tank: contains rinse water, which will be used for pre-rinse in the following cleaning session.
 - Soda lye tank (NaOH): filled with soda lye at a mass concentration of between 1g/100ml and 3g/100ml of water and a temperature of between 70°C and 80°C.
 - Acid tank (HNO3): filled with nitric acid at a concentration of 0.3g/100ml and 1g/100ml of water and a temperature between 55°C and 65°C.
 - Wash water tank: filled with clean water, used for final washing of the plant.
 - Hot water tank: filled with hot water at a temperature of 90°C for disinfection.

2.3-Methods

2.3.1-Sampling techniques

Sampling of rinsing water was carried out every week from the end of

February 2023 to the end of July 2023, at the 03 fresh milk reception points of the mini-dairy (protocol established according to the recommendations of Prescott *et al.*, 2010). These samples are taken before and after cleaning operations, in compliance with good sampling practices for microbiological hygiene analyses of production lines. Sampling is carried out using conventional methods, aseptically (in an aseptic working environment : under flame) in a sterile bottle with a screw cap (Guiraud, 2003).

2.3.2-Microbiological analysis

Checking the microbiological quality of rinsing water from in-place cleaning applied to receiving lines is an important step, designed both to monitor cleaning efficiency and to identify cleaning failure points, delimiting areas at risk of contaminant adhesion and preventing the formation of biofilms. This analysis focuses on the search for a certain number of microorganisms likely to be present, more specifically the two species *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*, which are two fairly common germs in the dairy industry (Vignola, 2002). An aliquot is aseptically removed from the sampling bottle and placed in a sterile tube containing 9 mL of Tryptone-salt-water (TSE), which is vortexed for at least one minute to ensure homogeneous dilution of the bacterial cells of interest. Following the same procedure, three samples were prepared from each sampling point.

2.3.3-Isolation and purification of strains

Once the samples had been prepared, they were plated in Petri dishes containing specific agar and incubated for 05 days at 25°C (Peng *et al.*, 2002).

2.3.4-Strain identification

2.3.4.1-Morphological characterization of isolates

2.3.4.1.1-Macroscopic appearance of isolates

Macroscopic examination enables colonies to be described in terms of shape, size, color, surface appearance and contour (Guiraud, 2003).

2.3.4.1.2-Microscopic appearance of isolates

Examination involves checking morphology, cell arrangement and response to Gram staining. This is a differential staining technique that divides bacteria into two main groups (Gram-positive and Gram-negative), according to their affinity for dyes linked to the general structure of their cell wall. The technique is applied as follows: Make a smear and heat-fix it. Gention violet staining by dipping the slide in the solution for 1 minute, then rinsing with distilled water. Lugol's etching by spreading lugol on the slide and leaving for 1 minute, then rinsing with distilled water. Alcohol staining by pouring a few drops onto the slide, allowing to act for 30 seconds, then rinsing with distilled water. Counter-stain with fishin for 1 minute,

Table N°01: Cultural characteristics of strains tested at 25°C according to Peng *et al.*, 2002 .

Macro-morphology	Micro-morphology	Temperature °C	Groups
White granular colonies 2 to 7 mm in diameter	large bacilli (1µm x 5µm), Gram+, motile, with peritrichous ciliates	10 à 20 With an optimum at 37	Bacillales : <i>Bacillus cereus</i> From the Bacillaceae family according to Schleifer & Bell, 2010
Convex, creamy, smooth, shiny colonies with 4mm diameter	Gram-positive shells, rounded, in regular clusters or pairs, 0.7 to 1 µm in diameter and immobile	06 à 45 With an optimum of 20 à 35	Bacillales : <i>Staphylococcus aureus</i> From the Staphylococcaceae family according to Schleifer & Bell, 2010

then rinse gently with distilled water. The slide is dried and observed under a light microscope at magnification 100, with the addition of a few drops of immersion oil. Strains favoring *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* are preserved by transferring them to inclined tubes containing Mosel agar medium and Chapman agar medium, incubated at 37°C for 24 hours respectively (Peng *et al.*, 2002).

2.3.4.2-Study of biochemical characteristics

2.3.4.2.1-Catalase test

The presence of catalase is demonstrated by placing a sufficient quantity of the colony on a glass slide containing a drop of hydrogen peroxide. The presence of the enzyme is reflected, within a few seconds, by the appearance of air bubbles and the release of gas (Guiraud, 2003).

2.3.4.2.2-Coagulase test

Identification of *Staphylococcus aureus* is based on colonial morphology, biochemical characteristics and microscopic examination. However, coagulase detection is the most widely used criterion for differentiating one species from another. The test is performed by mixing 0.5 mL of a *Staphylococcus aureus* culture on brain heart broth (BHIB) with a sterile tube containing plasma, incubated at 37°C for up to 4 hours. Clot formation indicates coagulase production (Dagnra *et al.*, 2000).

2.3.5-Final preservation of strains

The strains obtained after all the analyses will be stored at 4°C in TSB (Tryptone Soy Broth) with added glycerol, and also in inclined nutrient agar tubes (Peng *et al.*, 2002).

2.3.6-Comparative study of different cleaning conditions

To combat the dairy biofilms characterized, several in-place cleaning models were studied:

a- the mini-dairy model adopted

Line draining: water push to recover milk still present in the systems and remove it from the surfaces;

Pre-rinse: circulation of hot water at 40°C to eliminate milk organic elements weakly bound to the surface of the line;

Detergency phase:

- 1st chemical action of alkaline cleaning (1% soda solution, at a temperature of 65°C, a flow rate of 5m³/H, a circulation pressure of 1 bar and a contact time of 10 minutes) designed to act on the organic deposit, so as to promote its removal from the surface of the receiving line;

- Intermediate rinsing: cold water circulation for 5 minutes

- 2nd chemical action of acid cleaning (0.25% nitric acid solution, at a temperature of 50°C, a flow rate of 5m³/H, a circulation pressure of 1 bar and a contact time of 05 minutes) designed to act on the mineral deposit, so as to promote its removal from the surface of the receiving line;

Final rinsing: by cold water circulation for 5 minutes before re-authorization for fresh milk reception.

b- the improved model as recommended

Emptying the lines: by pushing with water to recover the milk still present in the installations and remove it from the surfaces;

Pre-rinse: circulation of hot water at 40°C to eliminate organic elements in the milk that are only loosely bound to the surface of the line;

Detergency phase:

- 1st chemical action of alkaline cleaning (2.5% soda solution, at a temperature of 80°C, a flow rate of 10 m³/H, a circulation pressure of 1.5 bars and a contact time of 15 minutes) designed to act on the organic deposit, so as to promote its removal from the surface of the receiving line;

- Intermediate rinsing: by circulating hot water at 45°C for 10 minutes.

- 2nd chemical action of acid cleaning (1% nitric acid solution, at a temperature of 65°C, a flow rate of 10 m³/H, a circulation pressure of 1.5 bars and a contact time of 15 minutes) designed to act on the mineral deposit, so as to promote its removal from the surface of the receiving line;

Final rinsing: by aseptic cold water circulation for 20 minutes (neutral pH control) before re-authorization for fresh milk reception.

c- the scientifically formulated model

The formulated model is a 7-class plan:

1. Rinse 15 min, with water at 40-45°C

2. Washing with 2.5% hot soda solution pH=11 to 11.5, 80°C, 15 min, circulation flow 10m³/H pressure 1.5 bars (for circuits) and 3 bars for plate exchanger 15 m³/H

3. Rinse with water at 40-45°C for 10 min.

4. Washing with hot 1% nitric acid solution pH 2.5 to 3, 65°C, 15 min, circulation flow 10m³/H pressure 1.5 bar (for circuits) and 3 bar for plate exchanger 15 m³/H

5. Rinse, water at 40°C for 15 min.

6. Disinfectant solution (Biocide 0.5%) at 40°C for 10 min.

7. Final rinse (sterile drinking water) for 20 to 30 min to achieve a pH of 7

3-Results and discussion

3.1-Morphological characterization of contaminating strain isolates

3.1.1-Macroscopic examination of isolates

The presumed *Staphylococcus aureus* species has an appearance on Chapman agar (see figure N°01): aerobically, fairly large colonies about 1 mm in diameter, round, regular, domed, smooth and shiny. They are cream to golden yellow in color



Figure N°01: Presumptive *Staphylococcus aureus* species

The selectivity of this Chapman medium is based on the presence of sodium chloride (7.5%), which prevents the proliferation of other Gram-negative and Gram-positive bacteria.

- Differentiation is based on the ability to ferment mannitol (the only sugar in the medium). Fermentation induces acidification which, at pH levels below 6.9, results in yellow coloration of the medium in the presence of phenol red (pH indicator) (see figure N°01).

- In our presumptive isolates, those positive for mannitol are suggestive of *Staphylococcus aureus*.

- Observation: isolates of non-fermenting colonies that resist the high salt concentration show a red to pink zone due to peptone degradation, and are therefore not presumptive of *Staphylococcus aureus*.

Bacillus cereus presents white slimy colonies with a waxy, granular texture and a diameter of between 2 and 7 mm.



Figure N°02: Slimy, granular colonies of the presumed *Bacillus cereus* species

Our microbiological results show that the number of bacteria isolated at point O1, the milk reception counting area, is different from the number of bacteria isolated at point O2, the plate heat exchanger cooling area, and also at point O3, the transfer line to the storage tank, for both *Bacillus* and *Staphylococcus*. There are probably several reasons for this:

- The effectiveness of the cleaning protocol applied to the study area: the receiving line, the high-risk area of a dairy,
- The monitoring of cleaning solutions and parameters in place,
- Checking the effectiveness of the combination of physical and chemical action during in-place cleaning.

3.1.2-Microscopic examination of isolates (after Gram staining)

After incubation for 05 days at 25°C on specific agar, colonies were first examined for cultural characteristics. Observation of cell shape and arrangement was carried out with an optical microscope at magnification (×100), with the addition of immersion oil.

The microscopic appearance of the various bacteria isolated from the O3 sampling points carried out after cleaning in place applied to the mini-dairy is characterized as follows:

Results obtained by Gram staining: All bacteria are Gram-positive, appearing in different forms with different modes of association. There are two ranges of bacteria: bacilli with Gram+ staining, and Gram+ cocci, which are found in abundance.

Bacillus cereus strains, observed under the light microscope, are made up of 1.4 µm Gram-positive bacilli, usually observed in pairs or as large or small rods. Colonies of presumed *Staphylococcus aureus* strains appear as rounded cocci, diplococci (cocci associated in pairs) or grape-like clusters.

A) Appearance of *Bacillus cereus* under the light microscope ;

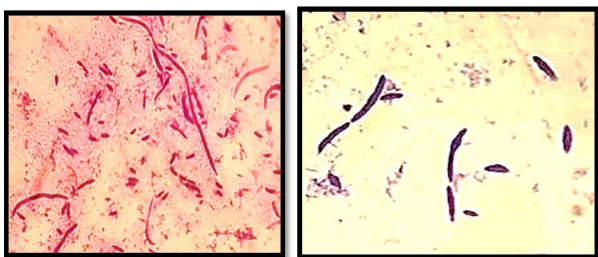


Figure N°03: Microscopic observation of *Bacillus cereus*

B). Appearance of *Staphylococcus aureus* under the light microscope.

Staphylococcus aureus are coccus, rounded in shape, appearing as diplococci (cocci associated in pairs) or as grape-like clusters.

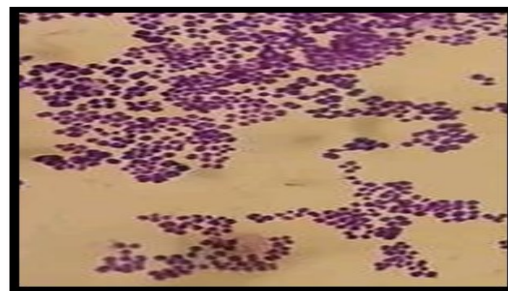


Figure N°04: Microscopic observation of *Staphylococcus aureus*

3.2-Identification of *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus*

After microscopic examination of the O2 isolated strains, we focused on the conservation of the two species; *B. cereus* and *S. aureus*.

3.2.1-Identification of *Bacillus cereus*

After incubation at 37°C for 24 to 48 hours, the isolates were recultured on their specific media:

A perceptible pink shift in the color of the medium, confirming that these are *B. cereus* strains.

Large, regular, flat creamy colonies with a more opaque center.

Bacillus cereus is facultatively anaerobic, mobile thanks to a peritriche ciliature, catalase positive, oxidase negative, hydrolyzes starch, precipitates casein Beta and Kappa. Moreover, their growth is observed at pH levels of 4.5 to 9.5 and at temperatures ranging from 10 to 20°C, with an optimum at 37°C.

- 3.2.2-Identification of *Staphylococcus* presumptive to *S. aureus*

The preliminary study was used to select strains of the *Staphylococcus* genus. After confirmation of the genus by Gram stain and catalase test, identification is made by :

- biochemical tests (coagulase). Inoculation is carried out on Chapman's agar medium; after incubation for 24 hours, colonies appear pigmented (golden yellow) throughout the plate. The presumed *Staphylococcus aureus* species is catalase positive, coagulase positive and oxidase negative, aerobic - facultative anaerobic, glucose fermenting without gas, with tolerance to 7.5% NaCl, mannitol fermentation.

In view of the results obtained, the rate of contamination of the receiving line, at the O3 sampling points, by *S. aureus* and *B. cereus* is significant and quite variable depending on the points after the first two cleaning-in-place models applied (a and b). *B. cereus* is a germ transmitted by dairy cow feed, especially forage silage, whereas the origin of *S. aureus* is due to milking practices and hygiene.

3.3-Comparative study of different cleaning conditions

To combat dairy biofilms, several in-place cleaning models were studied:

- a- the mini-dairy model adopted
- b- the model improved according to recommendations
- c- the scientifically formulated model

In this section, we not only compared the conditions for eliminating *Bacillus* and *Staphylococcus* biofilms by combining mechanical and chemical effects. In addition, it was clearly observed that viable contamination was maintained on the surface of the O3 parts of the reception line when conventional cleaning was carried out by the dairy using standard cleaning cycles without respecting the TACT.

An effective cleaning and disinfection program is the main method of controlling surface contamination. If hygiene procedures are not effective, micro-organisms and milk residues will remain in concentrations that can affect the quality and safety of the processed dairy product.

To deal with this contamination, we had to comply with the procedures applied in industrial hygiene: wetting of deposits by the cleaning chemical, reaction of the chemical to facilitate removal of soils from the surface, mechanical action to remove soils and prevention of re-deposition, followed by disinfection of clean surfaces (Faille *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2007; Julien *et al.*, 2003). This study enabled us to

- confirm the findings of Oulahal *et al.*, 2008, that when biofilm comes into contact with disinfectants, its dissolution leads to its destructuring and the removal of clusters,
- identify the role of detergent alone, and then of the combination of mechanical and chemical actions on the contaminants characterized.

As a reminder, industrial cleaning of closed surfaces is a process involving several factors: mechanical energy (hydrodynamics) used to physically remove soils, chemical energy (detergent) which cuts up the soils, dissolves them, hydrates them, Thermal energy (temperature) affects chemical reactions, the ease with which organic soils can be hydrated, and cleaning time, i.e. the contact time between soils and liquid at varying concentrations or temperatures. Soda ash (NaOH) is the main component used in alkaline detergents for CIP. It is a strong base recognized as excellent for removing protein soils (denaturation, hydration...) and fatty soils (saponification) (Sharma and Anand, 2002). It is the main molecule used in the dairy industry for the removal of deposits formed on heat exchanger surfaces, and has been the subject of numerous studies applied to these industries (Chmielewski and Frank, 2003).

It was clearly observed that the proposed cleaning plan, combining a two-phase model combining chemical action (NaOH 2.5% at 80°C + Rinse + HN03 1% at 65° C) with targeted mechanical action on the O3 parts of the receiving line (1.5 to 3 bars and 10m3/H flow rate) and the combined effect of biocidal disinfection, enabled complete degradation of the biofilms encrusted on the line, with effective removal of the contaminants characterized.

The results before and after modeling are shown in Table N°02.

Table N°02: Bacterial count of dairy biofilms characterized on the milk reception line before and after CIP modeling

Milk reception area	Bacterial count UFC/ml				Bacterial count UFC/ml			
	Staphylococcus aureus				Bacillus cereus			
Sampling point 1	Be-fore	a	b	c	Be	a	b	C
Buffer tank - deaerator	870	69	402	Abs	8	6	2	Abs
Filter	920	73	425	Abs	12	9	3	Abs
Meter	950	77	436	Abs	10	7	2	Abs
Sampling point 2								
Cooling exchanger inlet	760	63	320	Abs	5	5	3	Abs
Cooling exchanger outlet	680	54	290	Abs	3	2	1	Abs
Displacement pump	620	48	210	Abs	4	3	2	Abs
Sampling point 3								
Transfer line to storage	570	41	180	Abs	3	3	2	Abs

Cleaning-in-place (CIP) quality is essential in the dairy industry. Efficiency is key, both in terms of cleaning results and savings. The economics of cleaning-in-place are dictated by cost and time. Reducing organic waste is essential; well-configured and efficient cleaning, pumping and heating equipment is needed to ensure that the cleaning fluid can be used properly on the surfaces.

This study has also enabled us to demonstrate the importance of shear force in disorganizing and tearing off the surface layers of biofilms. Thus, over 99% of the adhered bacterial population is eliminated by rinsing after chemical action, confirmed by monitoring rinse water or, if available, by direct observation of biofilms on sections taken from production lines. Authors in the literature (Faille *et al.*, 2010; Mah and O'Toole, 2001; Simmonds *et al.*, 2003; Tauveron *et al.*, 2006) have often stressed the resistance of biofilms to CIP. This resistance is linked to the complex structure of biofilms and the presence of EPS, which acts as a barrier to the action of these cleaning and disinfecting molecules by inactivating them.

In this study, we succeeded in demonstrating that Bacillus spores, detached from contaminated surfaces during the cleaning process, were able to recontaminate downstream surfaces, especially at the plate exchanger (cooler), part O2 of the reception line. This constraint is due to the presence in the plate exchanger of recirculation zones (the plates) favoring trapping and facilitating re-adhesion of the dairy biofilm by the characterized contaminants. This has been highlighted in previous studies, by the shape of the flow linked to the geometry of the systems and the organization of the lines, which can be the source of creation of critical zones or points (Dahou, 2021). Our scientific contribution has therefore led to the development of a hygienic concept, a tool for eliminating organic incrustations between the plates, the installation of contaminants and the proliferation of biofilms and their adhesion to the plates of plate heat exchangers.

4-Conclusion

In the dairy industry, surfaces in contact with milk must be maintained by a thorough, controlled and appropriate cleaning process. The cleaning of closed surfaces is a complex phenomenon involving several parameters. These parameters are linked, on the one hand, to the very design of the production equipment (materials and geometry), to the microflora brought back by the milk and to the bacterial contamination that can occur there and thus be the basis for adhesion between contaminants and the production surface, and on the other hand to the operating conditions used for cleaning (detergent, time, temperatures). In our study, characterized dairy biofilms were removed without return by eliminating their surface layer, leaving the cells on the surface in direct contact with the material. This technique results in the removal of all the extracellular substance (EPS) with the bacterial cells embedded in these three-dimensional structures for relatively "young" biofilms on which CIP action has been facilitated. The combined action of chemistry and shear force led to a maximum removal rate of 100% of the contaminating bacterial population.

5-References

- **Blel, W., Bénézech, T., Legentilhomme, P., Legrand, J., & Le Gentil-Lelièvre, C.** 2007. *Effect of flow arrangement on the removal of Bacillus spores from stainless steel equipment surfaces during a Cleaning In Place procedure. Chemical Engineering Science, 62, 3798-3808.*
- **Branda, Steven S., Åshild Vik, Lisa Friedman, Roberto Kolter.** 2005. *Biofilms: the matrix revisited. Trends in Microbiology, 13, 20-26.*
- **Chmielewski, R.A.N. & Frank, J.F.** 2003. *Biofilm formation and control in food processing facilities. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2, 22–32.*
- **Dahou, A.** 2021. *Milk and Dairy Production.* Course handout for students of Agronomic Sciences, Faculty of Natural and Life Sciences, Abdelhamid IBN BADIS University, Mostaganem. 78 pages.

- **Dagnra, A.Y., Faye-Ketté, H., Hounkpati, A., David, M., Dosso, M. 2000.** Evaluation of two tests for the identification of *Staphylococcus aureus*. *Medicine and Infectious Diseases*, 30: 533-9.
- **Faille, Y., Sylla, C., Le Gentil, T., Bénézéch, C., Slomianny, Y., Lequette, C. 2010.** Viability and surface properties of spores subjected to a cleaning-in-place procedure: Consequences on their ability to contaminate surfaces of equipment. *Food Microbiology*, 27, 769-776.
- **Faille, C., Tauveron, G., Gentil-Lelievre, L.C., & Slomianny, C. 2007.** Occurrence of *Bacillus cereus* spores with a damaged exosporium: consequences on the spore adhesion on surfaces of food processing lines. *Journal of Food Protection*, 70, 2346–2353.
- **Guiraud, J.P. 2003.** *Food Microbiology. Edition Dunod, Paris, 136-139.*
- **Gunduz, G.T., & Tuncel, G. 2006.** Biofilm formation in an ice cream plant. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 89(3e4), 329-336.
- **Hamiroune, M., Berber, A., Boubekeur, S. 2014.** Bacteriological quality of raw milk from local and improved cows sold in the regions of Jijel and Blida (Algeria) and impact on public health. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 158: 137-144.
- **Herrera, J.J.R., Cabo, M.L., Gonzalez, A., Pazos, I., & Pastoriza, L. 2007.** Adhesion and detachment kinetics of several strains of *Staphylococcus aureus* subsp. aureus under three different experimental conditions. *Food Microbiology*, 24, 585-591.
- **Jullien, C., Bénézéch, T., Carpentier, B., Lebret, V., & Faille, C. 2003.** Identification of surface characteristics relevant to the hygienic status of stainless steel for the food industry. *Journal of Food Engineering*, 56, 77-87.
- **Mah, T.-F., & O'Toole, G.A. 2001.** Mechanisms of biofilm resistance to antimicrobial agents. *Trends in Microbiology*, 9, 34–39.
- **Mansour, L.M. 2015.** Study of the influence of breeding practices on milk quality: effect of feeding. PhD thesis in agronomy science. *Université Ferhat Abbas Setif1*, 123 pp.
- **Maukonen, J., Mätto, J., Wirtanen, G., Raaska, L., Mattila-Sandholm, T., & Saarela, M. 2003.** Methodologies for the characterization of microbes in industrial environments: a review. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30, 327–356.
- **Oulahal, N., Brice, W., Martial, A., & Degraeve, P. 2008.** Quantitative analysis of survival *Staphylococcus aureus* or *Listeria innocua* on two types of surfaces: propylene and stainless steel in contact with three different dairy products. *Food Control*, 19, 178–185.
- **Peng, J.S., Tsai, W.C., & Chou, C.C. 2002.** Inactivation and removal of *Bacillus cereus* by sanitizer and detergent. *International Journal of Food Microbiology*, 77, 11-18.
- **Prescott, L.M., Harley, J., Klein, D.A. 2010.** *Microbiology* 2nd edition. *De Boeck, Paris, p. 979.*
- **Schleifer & Bell. 2010.** Integrated Taxonomic Information System (ITIS). *Mars 2010.*
- **Sharma, M., & Anand, S.K. 2002.** Biofilms evaluation as an essential component of HACCP for food dairy processing industry – a case. *Food Control*, 13, 469–477.
- **Simmonds, P., B.L. Mossel, T. Intraphan, and H.C. Deeth. 2003.** Heat resistance of *Bacillus* spores when adhered to stainless steel and its relationship to spore hydrophobicity. *J Food Prod*, 66, 2070-2075.
- **Tauveron, G., Slomianny, C., Henry, C., & Faille, C. 2006.** Variability among *Bacillus cereus* strains in spore surface properties and influence on their ability to contaminate food surface equipment. *International Journal of Food Microbiology*, 110, 254-262.
- **Titouche, Y. 2018.** Risk of microbial contamination of raw milk produced in the Wilaya of Tizi Ouzou: Phenotypic and genotypic characterization of *Staphylococcus aureus*. Doctoral thesis in biological science. *Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou*, 114 pp.
- **Vignola, C. 2002.** *Dairy Science and Technology: Milk Processing. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada, 3-75.*

Suitability of bovine milk from the experimental farm for dairy processing

SEDDAR-YAGOUB Fatma*, DAHOU Abdelkader El Amine, TAHLAITI Hafida, DOUBBI BOUNOUA Lahcen, TABET Khadidja, BEKIHAL Amin

Laboratory of Sciences and Techniques of Animal Production, Faculty of Nature and Life Sciences, Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, Algeria

A B S T R A C T

Key words:

cow's milk, physico-chemical properties, cheesemaking aptitude, lacto-fermentation, dry extract yield. .

This study concerns the monitoring of the hygienical quality and physico-chemical characteristics of fresh milk produced by the experimental farm, affiliated to the university of Mostaganem, Algeria, from lactating dairy cows of the Prim-Holstein breed. The aim of this study is to evaluate, over a period of six months, the cheese-making ability of milk from the experimental farm compared with reconstituted milk powder of standardized cheese-making quality, and to try to explain the results of tests carried out in relation to milk composition such as protein content, coagulation ability and total dry extract yield of the cheese-making coagulates obtained. The average physico-chemical results obtained for cow's milk samples generally fail to meet IDF standards (in terms of protein content, dry matter and freezing point), compared with samples of reconstituted milk of standardized cheese quality. From a hygienic point, the tested milks are of very satisfactory quality according to IDF standards, with a class A and lacto-fermentation suitable for cheese processing. Repetition of the tests on samples of fresh milk produced by the experimental farm, compared with reconstituted cheese-quality milk, enabled us to detect wetting and a low protein content in the samples of fresh cow's milk, requiring improvement either through breeding and production practices or through a protein amendment providing the balance necessary for good milk processing and obtaining the expected cheese extract yield.

1. INTRODUCTION:

Algeria has a long tradition of dairy farming. Milk and its by-products play a major role in the Algerian diet, providing the largest share of animal proteins. For this reason, maintaining the dairy sector should not focus solely on the producing agent, the cow, but also on the quality of the milk collected (Aggad *et al.*, 2009 ; Dahou *et al.*, 2021).

Indeed, milk is considered a complex biological medium, composed of all the organic molecules necessary for the development of microorganisms, and its quality can be affected by many factors, such as contamination during and after milking, and the presence of mastitis infections (Heuchel, 2002 ; Seddar *et al.*, 2023).

Several measures need to be taken to reduce the risk of contamination and ensure safe human consumption, including good production practices, milking hygiene and proper microbiological and physico-chemical control of milk quality, obtained according to defined specifications during processing.

Several factors are involved in determining milk quality, from its chemical composition to its microbial load. These factors are linked either to the animal (genetic factors, stage of lactation, health status...) or to the environment (feed, season, milking...) (Ghazi and Niar, 2011; Dahou *et al.*, 2021).

The Algerian dairy industry has implemented a quality policy at production level which, in recent years, has enabled it to gain better control of the microbiological and physico-chemical characteristics of milk (Aggad *et al.*, 2009).

For the producer, quality means an absence of impurities and a high level of useful matter; for the manufacturer, it means a raw material with a high processing yield, while the consumer wants a product free from pathogenic risks and with satisfactory organoleptic qualities (Pougheon, 2001).

The aim of our study is to test the repeatability over time of physico-chemical and hygienic quality tests on bovine milks produced at the experimental farm affiliated to Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem, Algeria. This study was carried out by comparing the results obtained with those of samples of reconstituted cheese-quality milk, and trying to explain

*Corresponding author.

E-mail address: fatmaseddaryagoub@gmail.com

with simple milk composition criteria, such as dry matter and protein content, as well as hygienic quality criteria, their impact on the processability of these milks in terms of lacto-fermentation, lactic coagulation and cheese-making dry extract yield.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study location

This study was carried out from 06/12/2022 to 07/06/2023, at the Laboratory of Sciences and Techniques of Animal Production LSTPA of the Abdelhamid Ibn Badis University in Mostaganem, Algeria.

2.2. Sampling

Samples of fresh cow's milk were taken under aseptic conditions before milking in the morning, then transported directly to the laboratory and stored until analysis.

Milk samples were placed in sterile 250 ml bottles under aseptic conditions, in order to carry out all the analyses associated with this study:

- Vial (a) for physicochemical analysis and lacto-fermentation test.
- Vial (b) for the coagulation test at a temperature of 30°C.
- Vial (c) for coagulation test at 45°C.
- Vial (d) taken as a control.

2.3. Preparation of reconstituted milk

Standardized reconstituted milk is prepared from 125g/l of cheese-grade milk powder (at a fixed protein level of 34g/l), dissolved in distilled water heated to 37°C, and pasteurized at low temperature at 75°C for 30 seconds.

The reconstituted milk is divided into 4 vials:

- 1 vial (a) for physicochemical analysis and lacto-fermentation test.
- 1 vial (b) for coagulation test at 30°C.
- 1 vial (c) for coagulation test at 45°C.
- 1 vial (d) used as a control.

2.4. Physicochemical analysis of milk

All physico-chemical and hygienic analyses were carried out at the Laboratory of Sciences and Techniques of Animal Production at the University of Mostaganem, using the LactoScan. This device analyses several physico-chemical parameters by spectrometry. Analyses were carried out immediately after fresh milk samples had been taken, and after the reconstituted milk had been cooled.

The parameters tested (according to C.I.P.C. Lait (2011)) are :

- Fat content (FC),
- density,
- Dry matter,
- Protein content (TP),
- Freezing point,
- Lactose,
- Temperature,
- pH value.

2.5. Lacto-fermentation test

According to IDF (2018), the lacto-fermentation test is used to assess the hygienic quality of milk, by estimating the load and microbiological quality of milk and detecting the presence of undesirable germs.

The principle of this test is to incubate milk samples at a constant, controlled temperature to encourage the development of the microflora of interest. If undesirable microorganisms are present in the milk, this will cause a change in the curd obtained.

-Smooth curd = a guarantee of the milk's suitability for acidification, and of the absence of undesirable germs in sufficient quantity to have technological consequences. This test involves incubating unseeded farm milk samples in sterile tubes at 37°C for 24 hours. The results of the lacto-fermentation test are as follows:

A-Gel homogeneous: Dominantly lactic fermentation. Milk suitable for processing: satisfactory quality.

B-Spongy gel with misshapen bubbles: Development of coliform bacteria: fecal contamination: non-compliant milk.

C-Flaky curd with heavy exudation: Development of fungal spoilage flora.

D-Digested curds: Development of psychrotrophic bacteria

E- Liquid appearance: suspected presence of antibiotics or antiseptics: acidification - blocked fermentation.

2.6. Methylene blue reduction test

This test, which complements the lacto-fermentation test, is used to assess the microbiological quality of milk and detect the presence of undesirable germs.

Next to the Bunsen burner, sterile test tubes are filled with fresh cow's milk and others with reconstituted milk.

To these tubes is added a 1ml volume of methylene blue solution, with one tube used as a control.

The tubes are incubated at 37°C for 24 hours. This incubation promotes the development of total milk microflora, resulting in discoloration of the milk. The time taken for discoloration to occur is recorded, enabling us to assess the bacteriological load of the milk, and hence its hygienic quality.

The International Dairy Federation IDF (2018) classifies milks microbiologically according to their behavior to methylene blue reduction.

a- If the reduction in methylene blue is greater than 3 hours: the microbial load is less than or equal to 500 000 germs/ml: this is class A milk, which is therefore intended for cheese processing.

b- If the methylene blue reduction is between 2 and 3 hours: the microbial load is greater than 500 000 and may reach up to 1 250 000 germs/ml: this is a class B milk and may be intended for the manufacture of fermented dairy products.

c- If the reduction in methylene blue is less than 2 hours: the microbial load is greater than 1 250 000 and may reach 2 000 000 germs/ml: This is a class C milk and will be destined for processing into drinking milk.

2.7. Milk coagulation and preparation of cheese coagulum

The principle of coagulation is the change of state of milk from a liquid state to a semi-solid state called gel or coagulum (Eck *et al.*, 2006). Coagulation produces 2 phases: whey and coagulum. Milk caseins are responsible for coagulation, since the stability of the casein micelle depends on their electrical charge and hydration level. In our case, this coagulation is lactic, due to the native flora present in each milk.

Temperature also has an influence on total coagulation : the coagulation of the different milk samples was tested at two levels, one at 30°C and the other at 45°C for 24 hours (2 vials of milk with a volume of 250ml were used for each milk sample tested).

These two temperatures produce a firm curd with progressive coagulation. Parboiling at 2 different temperatures helps to favour a certain microflora for each curd: 30°C is the optimum temperature for mesophilic lactic microflora, and 45°C is the temperature favoured by thermophilic microflora.

After 24 hours incubation, the gel obtained in each flask is filtered through a specific filter paper to exude the whey. The cheese coagulates obtained are used to determine the total dry extract of each sample.

2.8. Determining the dry matter (DM) yield of coagulates obtained

This test consists in evaporating the water present in the coagulum samples, by introducing them into an oven at 103°C for 3 hours. The result is assessed by weighing the residue (IDF, 2018).

From the coagulates obtained, 10 grams are weighed. Each sample is placed in a pre-dried metal capsule. The capsules are heated in a Pasteur oven for 3 hours at 103°C. Once this time has elapsed, the capsules are cooled in a desiccator containing silicate gel. A weighing operation is repeated 3 times and an average is taken into account to calculate the dry matter defined as follows:

DM : dry matter is calculated using the following formula

C0 : Capsule mass (g).

C1: Mass of capsule + cheese curd (g).

C2: Mass of capsule + cheese curd after steaming (g).

Statistical analysis

A statistical test using SYSTAT MYSTAT 12 SOFTWARE was used to study the similarity of the mean results for the main functional elements in milk, in terms of suitability for dairy processing and cheese yield. The statistical significance threshold is estimated at $P < 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Physicochemical test results

Assessment of the physico-chemical quality of raw milk from the experimental farm, and that of reconstituted milk, are illustrated as follows:

TABLE 1 : Results of physico-chemical analyses of milk.

D : Density ; DM : Dry matter ; T : Temperature ; FP : Freezing point ; L : Lactose

Statistical significance : NS (not significant), * (significant), ** (highly significant).

Milk type	Fat %	Protein %	D at 20°C	pH	DM %	T °C	FP °C	L %
Fresh milk	2.16±0.2 NS	2.93±0.03 NS	1.032	6.66	9.51	26.3	-0.496	4.32±0.02 *
Reconstituted Milk	1.07±0.15 NS	3.40±0.1 **	1.034	6.84	10.97	31.6	-0.541	4.70±0.1 **
Standards (IDF 2018)	3 – 4	3 – 3.5	1.030-1.034	6.6-6.8	11 - 12	15	-0.520/-0.540	4.2 -5.0

The nutritional value of milk lies in its richness in basic nutrients (proteins, lipids and carbohydrates), and it seems obvious that the analysis of milk prior to processing and its physico-chemical characterization can help to better guide technologists on the possibilities for its industrial exploitation and effective valorization.

The fat content of cow's milk is around 2.16%, compared with an average of 1.07% for reconstituted milk. These levels are in line with the standard for cheese-quality milk, which is partially skimmed and standardized to make it profitable for cheese processing. Their fat content is between 1% and 2% (skimming of 40% of the fat).

Fluctuations in fat content are influenced by rearing conditions such as stage of lactation, feeding (feeding strategy based on concentrates) and milking practices (Ghoues, 2011 ; Thomas et al., 2008). The texture of fermented dairy products depends on the fat content of the milk. The proportion of long poly-saturated fatty acids in milk determines the texture of dairy products. On the other hand, too high a fat content can lead to problems with draining and coagulation of cheese products.

As far as proteins are concerned, the PC (protein content) of cow's milk is too low (2.93%), resulting in a milk with a protein content not recommended for cheese processing. According to IDF recommendations for dairy processing, it is necessary to produce milk with a PC of between 3.1 and 3.5%, and this can only be achieved if the dairy cattle at the University of Mostaganem's experimental farm are properly rationed. Reconstituted milk, on the other hand, has a tolerable PC level of around 3.4%.

The density of a liquid is its density divided by the density of water. Density measurement is a very important part of incoming milk analysis, and contributes to the evaluation of fraudulent practices. Taking these results into account, the milk samples obtained comply with the IDF standard (cheese milk standard 1.032 to 1.040), with an average density at 20°C of 1.032 for cow's milk samples, and an average of 1.034 for reconstituted milk. The pH levels of the samples tested were in line with the IDF standard, with an average of 6.66 compared with 6.84 for our reconstituted milk samples.

The results of the dry matter analysis of the farm's milk are low compared with IDF standards (9.51% for raw cow's milk), which may be due to an imbalance in the cattle's diet, which influences the milk's total dry matter, since the elements that make it up come from the feed. On the other hand, the reconstituted milk sample has an average dry matter content close to IDF standards (10.97% dry matter for reconstituted milk).

For the freezing point of farm milk: the results obtained show that the cow's milk samples do not comply with IDF standards (standard between -0.520 and -0.545°C), with an average of -0.496. On the other hand, reconstituted cheese milk conforms to the IDF standard, with an average of -0.541°C. This parameter is modified by diluting the milk at collection by adding a quantity of water. This action, known as wetting, is a fraudulent operation.

The sample of cow's milk is therefore suspected of being diluted, as can be seen from the decrease in the milk's constituent elements and consequent reduction in its dry extract and fat content. Abnormal results < -0.510 °C in cow's milk (suspicion of wetting) can be confirmed using the cryoscopic thermistor method. It is also possible to calculate the milk wetting rate, taking into account the standard, as follows:

$$\text{Percentage } P \text{ of Water added to milk: } PW = ((0.520 - FP) / 0.520) \times 100$$

FP: freezing point.

The lactose content of our milks complies with IDF standards (between 4.2 and 5.2%): on average 4.32% for our cow's milk samples and 4.70% for our reconstituted milk samples. As a disaccharide and the main solid element in milk used by lactic bacteria for fermentation and production of the lactic acid needed for coagulation, it is an important element in cheesemaking, particularly in the production of lactic curd cheese.

3.2. Lacto-fermentation and methylene blue reduction results

For the lacto-fermentation test, the results for our cow's milk samples from the experimental farm and for reconstituted cheese-quality milk gave homogeneous gels: this indicates that lactic fermentation is dominant, revealing satisfactory hygienic quality.



FIGURE 1 : Results of lacto-fermentation on fresh milk and reconstituted cheese milk.

The farm's milk is of good hygienic quality, giving optimum coagulum suitable for all uses, particularly for the production of fermented milks and lactic curd cheeses:

As far as the methylene blue reduction test is concerned, there was no discoloration in any of the samples after 3 hours' incubation.

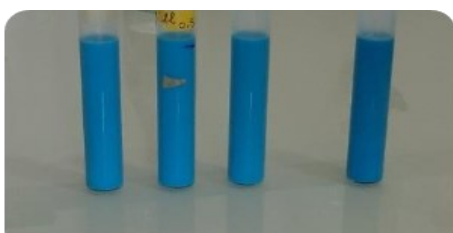


FIGURE 2 : Methylene blue reduction test

Figure 2 clearly shows the non-reduction of methylene blue, both on cow's milk samples (the 2 tubes on the left) and on reconstituted milk (2 tubes on the right) after 3 hours incubation.

These results confirm that our milks are class A, with a microbial load of less than 500000 germs/ml. Total microbial count always provides information on the hygienic quality of milk, and is considered to be the factor determining the shelf life of fresh milk (Guiraud et Rosec, 2004).

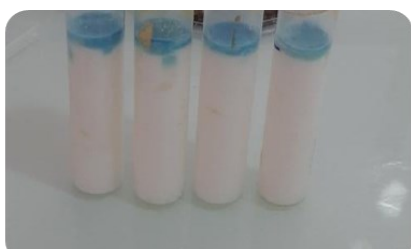


FIGURE 3 : Lactofermentation of milk samples

Continued lacto-fermentation of the cow's milk samples (the 2 tubes on the left) and reconstituted milk (2 tubes on the right) after 24 hours confirms the cheesemaking quality of our milks, with homogeneous, unaltered lactic curds.

The raw milk collected directly from the udders of the dairy cows had a tolerable total germ count in compliance with the standard of between 150000 and 500000 germs/ml, revealing compliance with good milking practices at the experimental farm.

3.3. Coagulation results

After incubation for 24 hours, total coagulation took place in the tubes. This coagulation was purely lactic, induced by the lactic microflora present in each milk sample tested. The coagulums obtained were very firm, especially those of reconstituted milk, which presented a better curd, due to the protein content of the two types of milk used. Gel firmness and firmness rates increase for protein levels $\geq 3.4\%$ (Eck et al., 2006; Dahou et al., 2021), which is the case for reconstituted milk.

In addition, the quality of cheese curds is influenced by the incubation temperatures chosen, which affect the total coagulation of the milk. Incubation temperatures between 30 and 45°C are the best for progressive and total lactic coagulation.

Determination of cheese yield in total dry extract

Once the coagulates had been filtered, weighed and dried, it was possible to calculate the dry extract of the cheese curds.

TABLE 2 : Results of weighing cheese curds after filtration and after drying

		Net curd weight after filtration (g)	Net weight of drained curds after drying (g)
Cow's milk	Curd at 30°C	35,63	2,07
	Curd at 45°C	31,06	2,14
Reconstituted milk	Curd at 30°C	64,28	2.20
	Curd at 45°C	60,70	2,64

These results were used to calculate the total dry extract yield for each sample.

TABLE 3 : Cheese yield results (dry extracts) for cheese curds.

Statistical significance : NS (not significant), ** (highly significant).

		Total dry extract /100g	
Cow's milk	Curd at 30°C	17,92	NS
	Curd at 45°C	18,54	NS
Reconstituted milk	Curd at 30°C	22,90	**
	Curd at 45°C	26,40	**

The average cheese yield in total dry extract of cheese curds (based on cow's milk) obtained at 30°C is 17.92%.

The average cheese yield in total dry extract of cheese curds (based on reconstituted milk) obtained at 30°C is 22.90%.

The average cheese yield in total dry extract of cheese curd (based on cow's milk) obtained at 45°C is 18.54%.

- The average cheese yield in total dry extract of cheese curd (based on reconstituted milk) obtained at 45°C is 26.4%.

Our results are in line with the [IDF standard \(2018\)](#): in fact, the cheese yield for curd at 30°C (mesophilic microflora) has a standard of between 17.5 and 25%, and that from curd at 45°C (thermophilic microflora) should be between 20 and 27%.

Taking into account the IDF (2018) standards, we deduce that the low total dry extract yield of cheese curds at 30°C is due to the loss of serum proteins from the whey during curd draining (mesophilic), hence the need to add minerals to the milk before processing.

Indeed, the mineral fraction of milk plays an important role in dairy technology, and more specifically in cheese-making (coagulation-syneresis and cheese curd texture), as any fluctuation in mineral distribution has repercussions on the technological properties of milks and on the rheological properties of the coagulum: agglomeration of casein micelles leading to their loss to the whey during syneresis (Eck et al. 2006).

3.4. Statistical analysis

Statistical analysis of the results, carried out using SYSTAT SOFTWARE MYSTAT 12 statistical software, gave significance values below 5% for the main functional elements of reconstituted milk, mainly protein and lactose (see Table 1), with a suitability for cheese processing almost identical to the standard set by IDF 2018. The cheese yield obtained from reconstituted milk (Table 3), represented in % total dry extract, is highly significant and is also almost identical to fresh cheese standards and compliant with the I.D.F. standard. Those from fresh milk gave average values that were insignificant for protein and significant for lactose. This suggests that fresh milk should be processed into fermented products.

4. CONCLUSION

The study carried out on the hygienic and physico-chemical parameters of fresh cow's milk from the experimental farm enabled us to determine its biotechnological suitability for cheese processing. The physico-chemical analysis of the cow's milk samples, compared with those of reconstituted cheese-quality milk, showed that the farm's milk had an unacceptable overall composition, particularly in terms of basic nutrient content (dry matter and protein content), not to mention the wetting observed due to poor milking practices.

This study has enabled us to confirm that the factors influencing gel firmness are now well known, and the levers of action available to the experimental farm to improve this criterion and achieve the expected cheese dry extract yield are well identified. They are essentially of a dietary nature (improving the energy level of rations and mastering good husbandry practices). The use of milk from the experimental farm for cheese processing can only be envisaged by a protein amendment with the addition of a cheese-quality milk powder providing the balance required for good coagulation and obtaining the desired cheese curd.

The hygiene measures taken following a strict protocol (good hygiene practices) set up by the veterinarian have produced highly satisfactory results, making this milk highly suitable for cheese processing.

Looking ahead, the assessment of the technological properties of the milk from the experimental farm affiliated to the University of Mostaganem remains a topical issue, for which exchanges must be stepped up between phytotechnicians, zootechnicians and technologists in order to achieve satisfactory results in terms of improved production, milk quality and suitability for processing.

5. REFERENCES

- **Aggad H., T Mahouz F., Ahmed Ammar Y. and Kihal M., 2009.** Evaluation of the hygienic quality of milk in western Algeria. *Revue Méd. Vét., 160, 12. 2009. 590-595.*
- **C.I.P.C. Milk, 2011.** Interprofessional Commission for Contractual Practices 2011. Opinion relating to the definition and methods of physicochemical analysis of milk and dairy products (AFNOR/Milk reference methods N°2011-02).
- **Dahou A., Medjahed M., Aissaoui C., Homrani A., 2021.** Preliminary approach to the cheeseability of milk collected at an industrial cheese factory. *Algerian Science Review / <http://univ-eltarf.dz/fr/> ISSN: 2661-7064. Volume 6, Issue 1: 34-39.*
- **Eck A. and Gillis J.C., 2006.** Cheese. *3rd Edition: Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.*
- **IDF Reference ISO 707, 2018.** Standards defined for microbiological and chemical analyses of dairy products. 12-30p.
- **Ghazi K. and Niar A., 2011.** Hygienic quality of raw cow's milk in the different farms in the Wilaya of Tiaret (Algeria). *Tropicicultura, 2011, 29, 4. 2011. 193-196.*
- **Ghoues S., 2011.** Evolution of the physicochemical and organoleptic quality of five brands of partially skimmed reconstituted milk marketed in eastern Algeria. *Magister's memory. University 2 Mentouri of Constantine. 187p.*
- **Guiraud J-P. and Rosec J-P., 2004.** Practical standards in food microbiology. *AFNOR. France, 2004. pp: 96, 136, 183, 199, 200, 238.*
- **Heuchel N., 2002.** Contamination of cow's milk by pathogenic bacteria: main risk factors in production. Dangers linked to trafficking. *Breeding Institute, Paris. 2002.*
- **Pougheon S., 2001.** Contribution to the study of variations in the composition of milk and its consequences in dairy technology. Doctoral thesis, veterinary speciality. *National Veterinary School of Toulouse. 102p.*
- **Seddar Y.F., Dahou A.A., Meskini Z., Doukani K., Homrani A., 2023.** Prevalence and risk factors of bovine mastitis on conventional dairy farms in northwestern Algeria. *Asian Journal of Dairy and Food Research. Issue 4 (2023), 1-7p.*
- **Thomas C., Romain J., Gérard B., 2008.** Physico-chemical foundation of dairy technology. *Edition Tec et Doc, Lavoisier. 161p.*

Les décharges non contrôlées et leurs conséquences sur le changement climatique

DERRADJI El Fadel *¹ SAADALI Badreddine ²

¹ Laboratoire de Géologie, Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000.

² Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.

R É S U M É :

Mots clés :

**Pollution ; Environnement ; Climat ;
Décharges ; Réchauffement climatique**

Les phénomènes naturels comme les éruptions volcaniques, les brumes de sable, les incendies de forêts et les activités humaines (anthropiques) comme les industries, les transports, l'agriculture, le chauffage résidentiel, sont à l'origine d'émissions de gaz et de particules dans l'atmosphère.

La pollution atmosphérique augmente le trou dans la couche d'ozone et la concentration de gaz à effet de serre à l'origine du réchauffement de la planète. Ce dernier est responsable de la fonte des glaces et de l'augmentation du niveau de la mer.

En Algérie, une enquête réalisée par les services du ministère de l'environnement fait ressortir plus de 5000 décharges sauvages implantées à travers le territoire national, occupant une superficie de plus de 200 000 hectares et situées le plus souvent sur des terres agricoles ou le long des oueds.

En effet, le tassement des déchets mis en décharge provoque la fermentation des biodéchets (déchets organiques regroupant les déchets issus de ressources naturelles animales ou végétales) dans un milieu sans oxygène, créant ainsi des conditions favorables à l'émission de méthane dans l'atmosphère. Ce gaz a un pouvoir de réchauffement global 25 fois supérieur à celui du CO₂. Environ 16 % des émissions de méthane dans le monde proviennent des centres de stockage de déchets ménagers. Or il est aujourd'hui urgent de réduire les émissions de gaz à effet de serre en diminuant les émissions de méthane issues des déchets ménagers.

1. INTRODUCTION

Ce travail s'intéresse à l'étude du système de gestion des déchets solides urbains de la ville d'El Tarf et de proposer un schéma directeur pour la gestion de ces déchets après en avoir étudié la composition qualitative et quantitative (Hamzaou, 2011)



Figure 1: Carte de situation géographique d'El Tarf

El Tarf est située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, (figure 1). Ses limites sont (Derradji, 2004), (ABH, 2005) (Hamzaou, 2011) :

- Au Nord par la commune d'El Kala.
- Au Nord-Est par la commune d'Ain Assel.
- Au Nord-Ouest par la commune de Bouteldja.
- Au Sud-Ouest par la commune de Zitouna.
- Au Sud-Est par la commune de Bougous.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Quatre décharges non contrôlées des agglomérations de Ain Khair (figure 2), de Guergour (figure 3), Matroha (figure 4, a et b), et d'El Tarf.

Une fois les échantillons récupérés, on veille toujours à ce qu'il n'y est pas de pertes ni de matière ni d'eau (évaporation). Ils sont ensuite acheminés au laboratoire de toxicologie (CHU Annaba). On calcule le poids, le volume et la densité, puis un tri manuel (papiers, cartons, verres, métaux, plastiques, matière putrescible et autres) (figure 5).

Chaque élément trié est pesé à part, puis on calcul sa proportion par

*Corresponding author.

E-mail address: derradji_d@yahoo.fr

rapport au poids total de l'échantillon. La teneur en eau de l'échantillon est alors déterminée après un séjour de l'échantillon dans une étuve à 105°C. Les échantillons déshydratés sont alors finement broyés en vue de la réalisation des mesures et dosages suivants :

- Détermination de la matière minérale et organique.
- Détermination de la matière minérale et organique.
- Détermination du rapport C/N (Carbone/Azote).
- Mesure du pH et de la conductivité.



Figure 2 : Décharge de Ain Khiair



Figure 3 : Décharge de Guergour



(a) Figure 4 : Décharges de Matroha (b)

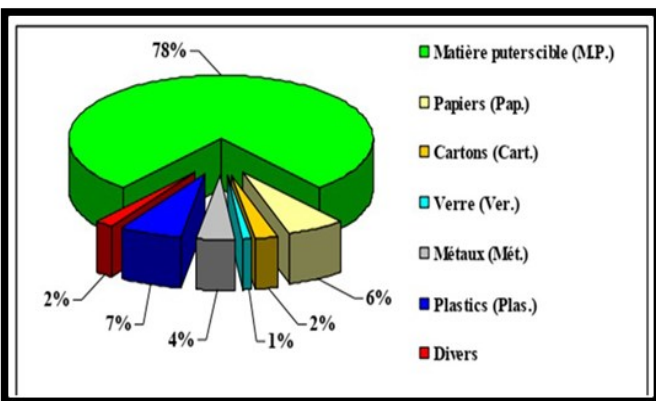


Figure 5: Composition des ordures ménagères de la commune d'El Tarf (% de poids)

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Le taux moyen d'humidité des déchets (59,65 %) permet d'écartier la thèse de l'incinération puisqu'il sera indispensable de procéder d'abord à une déshydratation des déchets ce qui n'est pas sans risque pour l'environnement (infiltration des lixiviats en plus des odeurs nauséabondes) et qui contribuera à augmenter les coûts de traitement (Anred, 1990). Impact sur Les ressources en eau et le changement climatique : (Tableau 2), (Rodier, 1996).

Tableau 1 : Moyenne des caractéristiques physico-chimiques des ordures ménagères du chef-lieu de commune d'El Tarf. H % : Humidité en pourcentage / M.O. : Matière Organique / T.C. / Taux de Cendres / C.t % : Carbone total / N.t. : Azote total / C.E. : Conductivité Electrique

St. N°	H %	Densité.	pH	M.O. %	T.C. %	C.t %	N.t %	C/N	C.E.
ElTarf	54,78	0,31	4,43	70,22	29,88	41,28	2,86	14,43	12,18
Matroha	63,99	0,28	4,01	79,16	20,84	46,61	3,22	14,47	12,06
Ain khiair	65,30	0,31	4,02	82,03	17,97	49,16	3,21	15,31	12,03
Guergour	54,53	0,22	4,26	74,00	26,00	43,70	3,08	14,18	12,11
Moyenne	59,65	0,28	4,18	76,36	23,64	45,18	3,09	14,59	12,09

TABLEAU 2: récapitulatif général de la qualité des eaux de la plaine d'El Tarf (WHO, 2008)

Paramètres	Unité	Valeur guide	Observation
DCO	mg/l	40	Plus que la norme - Mauvaise
DBO ₅	mg/l	3 à 10	Egale ou moins que la norme - passable
Conductivité électrique	(µS/cm)	400	Plus que la norme - Mauvaise
pH	-	8,5	Plus que la norme - Mauvaise
NH ₄	mg/l	0,2 à 0,5	Plus que la norme - Mauvaise
NO ₂	mg/l	0,1 à 0,2	Moins que la norme - Bonne
NO ₃	mg/l	3 à 50	Egale ou moins que la norme - passable
PO ₄	mg/l	0,1 à 1	Egale ou moins que la norme - passable
O ₂ dissous	mg/l	5	Plus que la norme - Bonne
Mn	mg/l	0,05 à 0,4	Egale ou plus que la norme - Critique
Fe	mg/l	0,2	Plus que la norme - Mauvaise

4. CONCLUSION

La mauvaise gestion des déchets à un impact sur les changements climatiques. Elle contamine les eaux superficielles (oueds, lacs, barrages) et les eaux souterraines (nappes phréatiques, nappes profondes), obstrue les canaux d'évacuation des eaux et provoque des inondations, propage des maladies, accroît les problèmes respiratoires du fait du brûlage des ordures à l'air libre, tuent des animaux et affecte le développement économique.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Anred 1990. Livre de l'Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets en France « Élimination des Déchets Industriels » / Ed. Coryphe / France / pp. 14–15.
- Cahiers de l'Agence ABH - CSM 2005. Qualité des eaux-souterraines dans le bassin hydrographique constantinois - Seybouse – Mellègue 1998-2003.
- Derradji F. 2004. Identification quantitative et qualitative des ressources en eau dans la région d'Annaba - El Tarf (Nord-est de l'Algérie), Thèse de Doctorat d'État en Sciences, Université d'Annaba, Algérie / 200 p.

- **Gillet R.** 1983. Manuel de gestion des déchets solides. Livre 1 *Les Déchets Urbains* / Éd. Organisation Mondiale de la Santé, Bureau Régional de l'Europe, Copenhague, pp. 17–11, 26–29.
- **Hamzaou S.** 2011. Gestion et impact des déchets solides urbains sur l'environnement, El Tarf Commune, Mémoire de Magister Option : Hydrogéologie, Environnement et Modélisation, Université d'Annaba, Algérie / 105 p.
- **Koffi M.** 2022. Repenser la gestion des matières résiduelles à Lomé au Togo, Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement et Développement Durable en vue de l'obtention du grade de Maîtrise en Environnement (M. Env.), 73 p.
- **Rodier, J.** 1996. Analyse de l'eau, 8ème Édition, Paris, Dunod, 1383 p.
- **WHO** 2008. Guidelines for Drinking-water Quality, 3rd Edition incorporating First and Second Addenda. Recommendations, Vol. P. 515. WHO, Geneva.

Physicochemical properties of six soil samples collected from two localities in Eastern Algeria: for better future biofertilizer adoption by farmers

GAAD Djouher* ¹, HADDAD Rafika ², BOUGANDOURA Meriem Houda ²

¹ Biotechnology Research Center, CRBt-In vitro-culture laboratory

² Biotechnology Research Center, CRBt -Environment laboratory

ABSTRACT

Keys words:

soil proprieties- soil deficiencies- biofertilizer

Objective: Agriculture soils are continuously losing their quality and physical properties as well as their chemical (imbalance of nutrients) and biological health. The aim of this study are assessment of soil proprieties cultivated with most staple food legumes crops (Faba bean, Chickpea, and Pea) compared to no cultivated soil.

Methodology: the soil samples were collected from two locations, of Constantine and Mila districts respectively. A statistical analysis with one-way ANOVA ($p < 0.05$) was performed on six soil sample for twelve soil proprieties included soil texture, pH, nutrients, cation exchange capacity, electrical conductivity, soil moisture content, etc. ANOVA, correlation analysis, and principal component analysis were performed on the data set.

Results; The results obtained reveal no differences across several parameters. However, some interesting properties was found to be significates: the case of moisture content with higher value (90.52 %) in no cultivated land than all other land use. The electrical conductivity of land cultivated with pea was recorded significantly maximum (648.5) than other treatments. The available phosphorus of no cultivation land was recorded statistically highest (4.00). Similarly, the lowest (0.46) available phosphorus was observed under chickpea (cultivated) land. The available potassium of no cultivated land was found highest (18.5) with a significant difference from other land use. The total nitrogen percent was observed highest in chickpea land (3.25 %) and in faba bean land (3.1 %) which was significantly higher than other treatments. The organic carbon content was highest (31.08%) in both no cultivated and pea cultivated respectively.

Conclusion: The study findings indicate that cultivated land exhibit soil deficiencies, including a low micronutrient levels. To enhance soil health, future efforts should prioritize improvements in soil management through biofertilizer application.

1. INTRODUCTION

Agricultural soil has been degraded through erosion, depletion of organic matter, salinization...ect. Also, pollution is most often cited as the effects of pesticides and fertilizers abuse uses. In addition, it is often subjected to agromonic practices that disrupt soil trophic networks to a large extent, and make soils less and less productive in the long term (Sofa *et al.*, 2022). Soil has biological, chemical, and physical properties that are always changing" (NSSC, 1996). The important factors declining the fertility of soil are pH, deficiencies of calcium, magnesium, manganese in soil (Ajith *et al.*, 2016). In recent years, there has been considerable progress in determining the soil properties for the development of climate smart agriculture, such as soil fertility monitoring and land reclamation decision-making. However, in Algeria only few studies were undertaken. For the present study we have selected five sites which is

situated in two areas and two districts. The objective of this study, is to analyzed six sol samples for various physicochemical properties using correlation and principal component analysis, and assessed the different between sites using ANOVA. All statistical analysis was performed using Excel STAT software.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Materials

Six soils samples were collected from the upper 5 cm of the land surface in agricultural fields across sub humid region from five sites of Constantine and Mila districts (Northeastern Algeria). At the altitude of 450 m and respectively (Figure 1). The locality of Beni Hamidene in the north-west of Constantine (34 km) extends to area of 131.02 km (altitude: minimum 450 m maximum 450 m) corresponds to geographic coordinates. 36°30'20" North, 6°32'59" East. Average annual rainfall varies from 350 mm to 700 mm depending on the year. The temperature ranges from 20 degrees to 38

*Corresponding author.

E-mail address: gaad_djouher@yahoo.fr

degrees. The inland depressions and valley are the most common physiography of Beni Hamidene. The most population of workers are agricultural laborers and cultivators. The district's land use pattern reveals that 60.17% of the area is dedicated to the Useful Agricultural Area (U.A.A.) (DSA, 219). The locality's UAA uses is diverse, encompassing durum wheat, pulses, and forage. The locality of Grarem, is situated in the district of Mila with 36°31'N 6°20'E / 36.517, 6.333 geographic coordinate 137. 23 km² area. The region is characterized by the high foothills, which form the north- western extension of the Tellian reliefs.

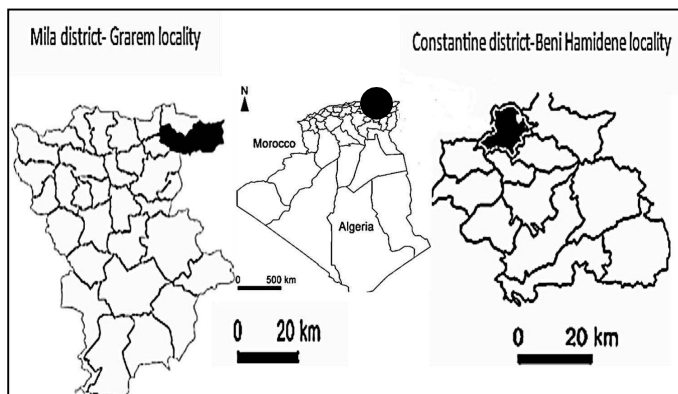


FIGURE 1. Geographical location of Beni Hamidene and Grarem localities.

2.2. Methods

2.2.1. Soil sampling procedures

Soils for this study were collected during 2023 from the top 5 cm of the soil surface from six different locations. Incremental soil samples are prepared by collecting multiple increments of soil and physically combining these increments into a single sample, referred to as the “incremental sample.” to get a representative microbial community. The sampling campaign was carried out from the end of March to the beginning of April in 2023, and the samples for each site were collected at once. Samples are collected in triplicate from different croplands cultivated with three main food legume crops: Chickpea, Faba bean and Pea (Table 1). The mixed soil placed into soil sample bag

with identifying code and taken to laboratory, sieved (2-mm mesh) and homogenized. After this, was kept at 4 °C until further laboratory preparation.

TABLE 1. Sol samples collected from five sites.

S. N°	Land use	District	Localities	Sites
01	Chickpea	Constantine	Beni Hamidene	Beni Hamidene
02	Faba bean	Mila	Grarem	Mechta Thour
03	Faba bean	Mila	Grarem	Boudmagh
04	Faba bean	Constantine	Beni Hamidene	El Houaïmia
05	Pea	Constantine	Beni Hamidene	El Houaïmia
06	No crop	Constantine	Beni Hamidene	Tidis

2.2.2. Soil physical analysis

Ganulometry and texture

The textural classification is based on the respective proportion of clays, silts and sands. The identification of dominant soil typewill be done by texture triangles.

2.2.3. Soil chemical analysis

Soil pH

Soil pH was determined using FAO, (2021) standard method.

Soil organic carbon (SOC)

By direct method: the soil is treated with an agent, which can in some way remove the organic compounds, the residue after the treatment being weighed. The weight loss gives the organic content.

Electrical conductivity (EC)

The cations from the solid phase of the soil are being exchanged for an equivalent quantity of cations present in the surrounding soil solution. Electrical conductivity of the soil is an indicator about the amount of salts in the soil.

Cation Exchange Capacity (CEC)

Effective Cation Exchangeable Capacity were determined using calculation.

Soil water content (SWC)

The first step is weighing the soil fresh and placing it in an oven at 105°C until it reached a constant weight was. The weight of the soil after drying was then measured. The soil moisture content was determined by measuring the difference in mass before and after the balance.

Total nitrogen (TN) contents

The available nitrogen in the soil was determined by extracting 2.5 grams of soil with 25 milliliters of 2 mol L⁻¹ KCl. The concentrations in the extract were then measured using the modified indophenol blue technique, as described by Sims et al. (1995).

Total phosphorus content (TP)

Determination of total P in soil P was done by the method of Murphy and Riley (1962).

Total potassium content (TK)

The TK was digested in a nickel crucible with sodium hydroxide at 750 °C, the AK was extracted using 1 mol L⁻¹ ammonium acetate.

Active calcar content (AC)

In order to assess the activity of the calcaire, measuring the percentage of calcaire (CaCO₃) contained in a soil was done.

Statistical Analysis

Principal Component Analyses (PCA) was used to examine the variation in different soil proprieties. Compared means separately with the Tukey HSD analysis. Additionally, paired comparison was carried for each site to tell the difference between the ecosystems. Three replicated results from the disturbed and undisturbed soils were compared via t-test for each site. The relationships between the biomarker groups and environmental factors were examined using Pearson Correlation Coefficient. The correlations are estimated by the Pairwise method.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Soil physical analysis

Different soil texture proved to be an important factor driving the spatial variation of soil physicochemical properties. The three sites (01-02-03 and 06) were dominated by the clay texture and site 04 as characterized by silty clay structure (16.66 %). This proportion also manifested in soil 05 with silty clay loam texture (Table 2). The mean clay composition of soil was higher than that of silt and clay. This is in disagreement with a previous study of Edwin *et al.*(2022), where soil samples were sandy-clay-loam (SCL).

Table 2. Soil texture of the six soils samples.

Modality	%	Sol Samples
Clay	66,667	06-03-02-01
Silty clay	16,667	04
Silty clay loam	16,667	05

3.2. Soil chemical properties analysis Basic statistics

The detailed and summary statistics are presented in Table 3 and 4 respectively.

TABLE 3. Mean of soil parameters of selected sites from Constantine and Mila districts .
SCL. Silty clay loam, C. Clay; SC. Silty clay

Code samples	SC	PH	CEC	E	SA	SOC	TN	SOC/TN	P	AC	SWC
01	C	7,36	54,25	615	0,25	19,83	3,25	06,10	0,46	18, 17,85	67,62
02	C	7,15	71,25	604	0,25	31,03	3,10	10,01	1,04	11, 15,5	62,20
03	C	7,36	13	602	0,25	20,26	1,65	12,28	02,5	9,7 16,55	20,49
04	SC	7,17	65,5	541	0,3	24,14	2,90	08,32	3,98	15, 16,85	53,23
05	SCL	7,21	60	648	0,3	16,81	2,25	07,47	2,28	14, 16,85	57,65
06	C	7,59	68,5	533	0,25	31,89	2,25	14,18	4,23	18, 16,65	97,52
Mean		7,31	590,8	55,	0,27	23,99	2,57	09,73	2,42	14, 16,71	59,79

TABLE 4. Summary Statistics

	Mean	SD	Min	Max	SE
PH	7,307	0,166	7,150	7,590	0,102
CEC	590,83	44,74	533,0	648,50	38,41
EC	55,41	21,65	13,00	71,250	27,80
SA	0,267	0,026	0,250	0,300	0,025
Res	1690,1	81,83	1602	1841	89,73
SOC	23,992	6,244	16,80	31,894	5,591
TN	2,567	0,617	1,650	3,250	0,617
SOC/TN	9,726	3,052	6,100	14,17	2,563
P	2,415	1,515	0,460	4,230	0,563
K	14,500	3,482	9,750	18,50	3,910
AC	16,708	0,753	15,50	17,850	0,605
SWC	59,785	24,83	20,49	97,52	3,182

3.3. Soil water content (SWC)

Microorganisms can alter soil particles, pore organization and cohesion of the soil structure, thus affecting soil water retention and infiltration rates (Rabot *et al.*, 2018). The mean of SWC in soils of is 59.87.

3.4. Soil pH

pH is often described as the master soil variable as it influences a wide range of soil chemical and biological processes (Husson, 2013). Soil pH was slightly basic in most of samples. The highest pH was 7.59 at site 6 with no culture. While in the lowest value it was 7.15 at site 2 with faba bean culture. Soil pH has been widely reported as the overriding factor in determining the soil microbial structure. An extreme pH condition (high or low) can damage the microbial cells and decrease microbial abundances (Luo *et al.*, 2010).

3.5. Soil organic carbon (SOC)

land use and land cover have been found as the determinant factor affecting soil organic matter content, and thus, regulating the microbial structure accordingly (Moon *et al.*2016). The data revealed no significant difference in the % of total C in all soils. In site 06 with clay structure the % of total C was approximately 32% while for Silty clay loam structure on site 05 the total carbon content was approximately 16.

3.6. Total nitrogen (TN) contents

Our analysis revealed no variability in the soil N content when comparing the six soil samples. We observed no significance in % of all soil samples. In Beni Hamidene locality, the total N% in clay soils with chickpea culture was approximately 3.10% which was higher. while the opposite value was observed in Silty clay loam soil with 1.65%.

3.7. C/N

Soil with clay texture and chickpea cultivation showed the highest C: N ratio in this study, and the same texture with no cultivation the lowest C: N respectively . The C: N ratio of Silty clay loam soil from El Houaimia site was intermediate.

3.8. Total phosphorus content (TP)

Soil P was lower in most of the sites. The data showed there is no much difference in P contents between soils of different sites. It varies from 0.46 to 4.23 with a mean of 2.42.

3.9. Total potassium content (TK)

Results indicate that K is deficient in the soil samples. K in soil varies from 9.75 to 18.5 with a mean of 14.5. The total amount of potassium (mg/l) is lower then the value obtained by Khursheed *et al.*(2014).

3.10. Electrical conductivity (EC)

In the present study the EC varies from 0.04 to 0.99 with a mean of 0.31. The soil EC is below optimal level for agriculture. EC and clay content were quite similar in the two ecosystems, with larger values in the northern sites.

3.11. Active calcar content (AC)

The active calcar content ranges from moderate to high with a mean of 16.708.

3.12. ANOVA Analysis

One-way ANOVA was performed on entire data set with all soil samples to compute the variation of soil parameters across different sites. ANOVA results indicate that there is no significant difference between mean of all the parameters in different sites (table 5).

TABLE 5. Anova analysis results

Variables	F Value	Pr	LSD
PH	0,151	0,866	0,652
CEC	0,016	0,984	122,25
EC	1,892	0,294	488,49
SA	1,167	0,422	0,08
Res	0,579	0,613	285,58
SOC	1,618	0,334	17,79
TN	0,692	0,566	2,09
SOC/TN	2,046	0,275	8,156
P	1,130	0,431	4,702
K	0,482	0,658	12,4
AC	2,373	0,241	1,924
SWC	0,037	0,964	100,78

3.13. Correlation

No significant correlation between all soil parameters (table 6).

TABLE 6. Correlation of different parameters

	PH	CEC	EC	SA	Res	SOC	TNC	C/N	TPO	TKA	ACC	SWC
PH	1	-0,162	-0,415	-0,543	0,575	0,267	-0,391	0,617	0,340	0,512	0,307	0,471
CEC	-0,415	1	-0,268	0,262	-0,552	0,437	0,663	0,1	0,096	0,550	-0,153	0,786
EC	-0,162	0,262	1	0,072	0,406	0,513	0,010	0,4	0,365	0,028	0,146	-0,136
SA	-0,543	-0,268	0,072	1	0,022	-	-0,348	0,679	0,728	0,392	-0,243	0,666
Res	0,575	0,406	-0,552	0,022	1	0,567	-0,024	0,5	-0,752	-0,397	0,082	-0,399
SOC	0,267	0,513	-0,663	-0,437	0,567	1	0,216	0,616	0,289	0,160	-0,601	0,572
TNC	-0,391	0,663	-0,024	-0,01	-0,348	0,216	1	0,6	-0,462	0,399	0,130	0,381
C/N	0,617	-0,199	-0,545	-0,464	0,679	0,616	-0,619	1	0,566	-0,147	-0,493	0,142
TPO	0,340	0,096	-0,752	0,365	0,728	0,289	-0,462	0,566	1	0,204	-0,085	0,194
TKA	0,512	0,550	-0,397	0,028	0,392	0,160	0,130	-0,147	0,204	1		
ACC	0,307	-0,153	0,082	0,146	-0,243	-	0,601				1	
SWC	0,471	0,786	-0,399	-0,136	0,666	0,572						1

3.14. Principal Component Analysis

We performed multivariate statistics using Principal component analysis. In order to identify the optimum number of principal components, a scree plot was used which shows that PC1, PC2 are the most important components accounting for approximately 63% of the total variance (Table 7). Principal component analysis revealed that the first principal component strongly correlated positively with pH, Soil RES, SOC, C/N, TPO and SWO. And negatively with CEC. While the second component showed a positive correlation of ECE, TNC, TKC and ACC (Table 8).

TABLE 7. Importance of components

	PC1	PC2	PC4	PC 5
Eigenvalue	4,557	3,014	1,992	1,708
Proportion of Variance	37,975	25,116	16,599	14,234
Cumulative Proportion	37,975	63,091	79,690	93,924

TABLE 8. Loadings of PCA

	F1	F2	F3
PH	0,667	-0,209	0,576
ECE	0,439	0,761	-0,398
SAT ds/m	-0,232	0,266	0,082
RES	0,896	-0,103	0,049
CEC	-0,795	0,015	0,002
SOC	0,779	0,015	-0,571
TNC	-0,106	0,864	-0,355
C/N	0,709	-0,689	-0,088
TPO	0,669	-0,273	0,201
TKA	0,520	0,700	0,483
ACC	-0,189	0,419	0,871
SWC	0,745	0,590	0,021

4. CONCLUSION

Soils are invaluable resources linked to agriculture, human health, and food security. At present, soil health is under threat due to rapid climate change, erosion, contamination with pesticides, nutrient depletion, salinization, and compaction. In this study, soil with no cultivated plant was slightly basic, compared to all cultivated soils. Moreover, the content in nutrient elements of all samples was very low which demands suitable fertilizer recommendations. This means that the macronutrition at micronutrition lost due to agricultural use should be replenished and restored into the system to prevent a negative nutrient balance. This can be done using biofertilization with Fungi and bacterial inoculate, and their combination with organic fertilizers. Its a promising approach for recovering degradation of the soil, minimizing the extensive use of chemical fertilizers.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank farmers for access to their fields. Laboratory of soil analysis of biotechnology research center for facilities and chemical products.

5. REFERENCES

- **Ajith Kumar R., Muhammed Aslam M.K., Jagathy Raj Radhakrishnan V.P. T., Satheesh K. Kumar, Manojkumar T, K., 2016.** A Statistical Analysis of Soil Fertility of Thrissur District, Kerala. *2016 IEEE International Conference on Data Science and Engineering (ICDSE)*.
- **Bose, P., 2025.** Assessing Soil Health Using the Soil Microbiome. *AZoLifeSciences*. <https://www.azolifesciences.com/article/Assessing-Soil-Health-Using-the-Soil-Microbiome.aspx>. 08 April 2025.
- **DSA, 2019.** Direction des Services Agricole de la Wilaya de Constantine. *Statistiques Agricoles*.
- **Fierer, N. & Jackson, R. B., 2006.** The Diversity and Biogeography of Soil Bacterial Communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 626–631, <https://doi.org/10.1073/pnas.0507535103>.
- **FAO. 2021.** Standard operating procedure for soil pH determination. Rome.
- **Husson, O. 2013.** Redox potential (Eh) and pH as drivers of

- **Khursheed, Ahmad & Khursheed, Wani & Wani, Rajni & Yadav, Shivom & Singh, Krishan & Upadhyay, Krishan, 2014.** Comparative Study of Physicochemical Properties and Fertility of Soils in Gwalior, Madhya Pradesh. *World Journal of Agricultural Sciences*, 10, 48-56. [10.5829/idosi.wjas.2014.10.2.1820](https://doi.org/10.5829/idosi.wjas.2014.10.2.1820).
- **Moon, J. B., Wardrop, D. H., Bruns, M. A. V., Miller, R. M. & Naithani, K. J., 2016.** Land-use and land-cover effects on soil microbial community abundance and composition in headwater riparian wetlands. *Soil Biology and Biochemistry*, 97, 215–233, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.02.021>.
- **Murphy, J. and Riley, J.P., 1962.** A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36. [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5).
- **Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S. & Vogel, H.-J., 2018.** Soil structure as an indicator of soil functions: a review. *Geoderma*, 314, 122–137.
- **Sofo Adriano, Zanella Augusto, Ponge Jean-François, 2022.** Soil quality and fertility in sustainable agriculture, with a contribution to the biological classification of agricultural soils. *Soil Use and Management*, in Press, 38 (2), pp. 1085-1112.
- **Sims, G. K., Ellsworth, T. R., & Mulvaney, R. L., 1995.** Microscale determination of inorganic nitrogen in water and soil extracts. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26(1–2), 303–316.
- **Pei-Pei, X. Yolima, C., Vanessa P., Budiman M., Alex. B. M., 2018.** Soil Properties Drive Microbial Community Structure in a large scale transect in south eastern Australia. *Sci Rep*, 8, 11725 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30005-8>.

Impact de quelques paramètres abiotiques sur le développement de la flore fongique des eaux marines mostaganémoises

BENMESSAOUD Nadjet^{*1,2}, MATALLAH-BOUTIBA Amaria¹, DJELTI Halima², BENAMAR Nardjess^{2,3}

¹Laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale (LRSE), Département de Biologie, Université d'Oran 1 "Ahmed Ben Bella", BP 1524 El M'naouer, 31000 Oran, Algérie.

²Département des sciences de la mer et de l'aquaculture, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ben Badis Mostaganem, Ex-ITA, 27000 Mostaganem, Algérie.

³Laboratoire de physiologie animale appliquée, Université de Mostaganem.

R E S U M É

Mots clés :

Champignons marins, matière organique, pH, plages mostaganémoises, température.

Les champignons marins sont présents dans presque tous les habitats marins explorés. Des eaux de surface jusqu'à des kilomètres sous le plancher océanique. Ils sont omniprésents et contribuent aux processus biogéochimiques mondiaux en tant que dégradeurs saprotrophes ou parasites à de nombreux niveaux trophiques. L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact des facteurs physico-chimiques : température, pH et Demande Chimique en Oxygène sur le développement de la flore fongique dans les eaux marines de trois plages mostaganémoises : Stidia, Salamandre et Port de Salamandre. Douze échantillons d'eau de mer ont été prélevés en mois d'avril et Juin 2021. L'aspect macroscopique et microscopique des souches isolées a montré la présence de 329 espèces fongiques réparti en dix genres de champignons filamenteux et d'autres genres de levures et qui sont par ordre d'importance : *Penicillium spp.* (28,56 %), *Aspergillus spp.* (11,54 %), *Rhizomucor sp.* (10,63 %), levures (10,63 %), *Fusarium moniliforme* (8,51 %), *Trichothecium sp.* (7,90 %), *Peacilomyces sp.* (7,59 %), *Scopulariopsis brevicaulis* (7,59 %), *Trichoderma sp.* (3,03 %), *Sphaerosporium sp.* (2,12 %) et *Mucor sp.* (1,82 %). L'étude des paramètres physico-chimiques a montré que la répartition de la microfonge marine dépend des conditions climatiques, telles que la température, le pH et également de la matière organique.

I- INTRODUCTION

L'écosystème marin couvre plus de 70 % de la surface de la terre et sa riche biodiversité reste en grande partie à découvrir (Euzen et al., 2017). En raison de ses conditions physiques et chimiques uniques, l'environnement marin offre une riche diversité microbienne (bactéries, champignons, algues, plancton et virus) (Jensen et Fenical, 1996 ; Saleem et al., 2007 ; Jin et al., 2016), et fourni des habitats et des niches exceptionnelles pour de nombreux microorganismes spécialisés, qui par leur abondance et leur diversité taxonomique et fonctionnelle, jouent un rôle essentiel notamment par leur implication dans les cycles biogéochimiques. La vaste étendue du biome océanique recèle encore de nombreux mystères, même si des progrès majeurs ont été réalisés dans la compréhension de la diversité microbienne, de la biogéographie et de l'écologie. Il reste d'importantes lacunes à combler en ce qui concerne certains groupes microbiens et en particulier les champignons marins,

pourtant, ces communautés fongiques ont été trouvées dans un large éventail d'habitats marins explorés, de la surface de l'océan (Gao et al., 2010 ; Taylor et al., 2016) à des kilomètres de profondeur (Edgcomb et al., 2011 ; Pachiadaki et al., 2016), sous les divers sédiments océaniques, où elles fonctionnent principalement comme des dégradeurs saprotrophes, ou parasites à de nombreux niveaux trophiques, associés à des substrats végétaux (bois en décomposition, plantes marines...), algues, éponges, coraux, animaux marins, dinoflagellés (Jones et al., 2015).

La contamination des eaux marines par les déchets domestiques, urbains et industriels est à l'origine de nombreux problèmes environnementaux dans de nombreux endroits. Les milieux marins et aquatiques servent ainsi de réservoirs et de voies de transmission de ces microorganismes. La présence de champignons semble alors bien corrélée avec la matière organique, ce qui suggère un rôle important en tant que dégradeur/recycleur de certains polymères complexes tels que les polysaccharides (Cunliffe et al., 2017), et même les polymères à base d'hydrocarbures tels que les microplastiques (Paço et al., 2017 ; Lacerda et al., 2020) et les hydrocarbures.

*Corresponding author.

E-mail address: : bio_nadjet@yahoo.fr

De nombreuses études ont mis en évidence la présence d'une grande diversité d'espèces fongiques terrestres dans les environnements marins avec une dominance des genres filamenteux *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium* et *Trichoderma* et les genres de levures *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus* et *Hortaea*, ce qui témoigne des capacités d'adaptation remarquablement efficaces du règne fongique aux conditions biotiques et abiotiques liés à l'environnement océanique (Burgaud et al., 2022). Dans le présent travail, un premier inventaire des micromycètes marins de trois plages de la côte de Mostaganem a été établi, en relevant certains des facteurs qui affectent leur diversité.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Collecte des échantillons et sites d'étude

Douze prélèvements d'eau de mer ont été effectués au hasard sur trois sites : Plage Stidia (35°49'46,6"N et 0°01'16,9"W), plage Salamandre (35°54'36,9"N et 0°03'16,3"W) et le port de Salamandre (35°55'20,9"N 0°03'30,5"W) situées dans la wilaya de Mostaganem, sur une durée de deux mois (Avril- juin 2021), en utilisant des flacons en verre stériles afin d'éviter toute contamination. Dans chaque site deux échantillons ont été recueillis, l'un à la surface de l'eau et l'autre à 15 cm de profondeur. Les prélèvements ont été transportés dans des glacières dont la température est comprise entre 4 et 6°C, et analysés dans un délai maximal de 4 heures.

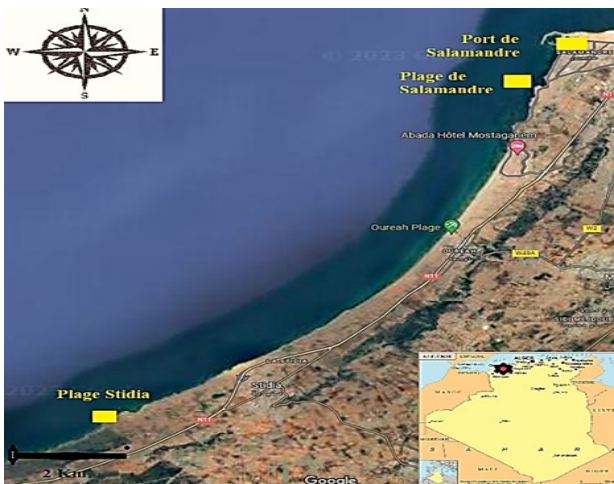


FIGURE 1 : Sites d'échantillonnage (Google Maps, 2023).

2.2. Analyses des paramètres physico-chimiques

Trois paramètres physico-chimiques ont été mesurés : La température, le pH et la Demande Chimique en Oxygène (DCO).

2.2.1. Mesure de T° et du pH

Pour la température et le pH, les mesures ont été prises in situ, en utilisant un pH-mètre muni d'une sonde à température (Djelti, 2021).

2.2.2. Mesure de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Cinq ml de la solution de bichromate de potassium (0,24 N) sont additionnés à 10 ml d'échantillon d'eau de mer à analyser. Après avoir homogénéisé soigneusement la solution obtenue, 15 ml d'acide sulfurique/sulfate d'argent ont été ajoutés en refroidissant avec précaution sous l'eau courante pour éviter toute perte de substances organiques volatiles. Le mélange obtenu est ensuite soumis à une ébullition avec reflux pendant 2 heures sur une plaque chauffante. Après refroidissement, le volume de l'échantillon est complété à 75 ml avec de l'eau distillée, puis titrée avec le sulfate de fer (II) et d'ammonium en présence d'une ou deux gouttes de la solution ferroïne indicateur. La fin du dosage est détectée par le virement de la couleur verte au rouge violacé. (Michel, 1972 in Djelti 2021).

Un essai à blanc a été réalisé en remplaçant l'échantillon d'eau de mer par 10 ml d'eau distillée (Michel, 1972).

La Demande Chimique en Oxygène est calculée selon la formule suivante :

$$DCO = 20 (N - n) \text{ mg/L d'O}_2$$

n : quantité en ml de la solution titrante pour doser le bichromate excédentaire avec l'échantillon d'eau de mer.

N : quantité en ml de la solution titrante pour doser le bichromate excédentaire dans le cas de l'essai à blanc.

2.3. Analyses mycologiques et identification des souches fongiques

La recherche des micromycètes a été réalisée en étalant aseptiquement 3ml de chaque échantillon d'eau de mer dans des boîtes de Pétri de 20 cm de Ø renfermant la gélose Sabouraud-Chloramphénicol préparés à base d'eau de mer, pour se rapprocher des conditions marines (peptone 10 g/l, glucose 40 g/l, agar 15 g/l, eau de mer 1 L, chloramphénicol 50 mg/l). Après l'ensemencement, les boîtes de Pétri sont mises en culture à une température de 27°C ± 2°C, pendant 7 jours. Pour chaque échantillon, trois boîtes ont été ensemencées.

Les colonies fongiques ont été ensuite repiquées en culture pure sur milieu PDA en vue d'une identification taxonomique

L'identification des colonies a été basée sur leurs critères macroscopiques et microscopiques en appliquant la clé d'identification utilisée par Chabasse et al. (2002). Les résultats sont exprimés en unité formant colonie (UFC/ml).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Paramètres physico-chimiques

Les graphes ci-dessous, représentent les résultats des paramètres physico-chimiques mesurés. Selon ces derniers, il ressort que la valeur du pH des eaux analysées est située entre 6 et 9. Ces valeurs indiquent une eau de mer acide à alcaline. Pour la température, les valeurs trouvées sont insérées dans un intervalle de 17,7 et 22,6°C. La plus basse température est observée au niveau du port de Salamandre en mois d'avril à une profondeur de 15 cm, alors que la grande valeur est prise au niveau de la plage de Stidia en surface de l'eau. Par rapport à la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de légères fluctuations sont observées. Les valeurs trouvées se situent entre 8,75 et 10,1mg/L d'O₂.

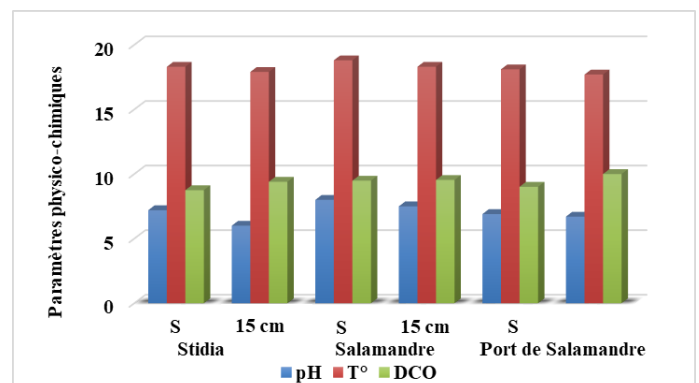


FIGURE 2 : Mesures des paramètres physico-chimiques des prélèvements du mois d'Avril des trois sites.

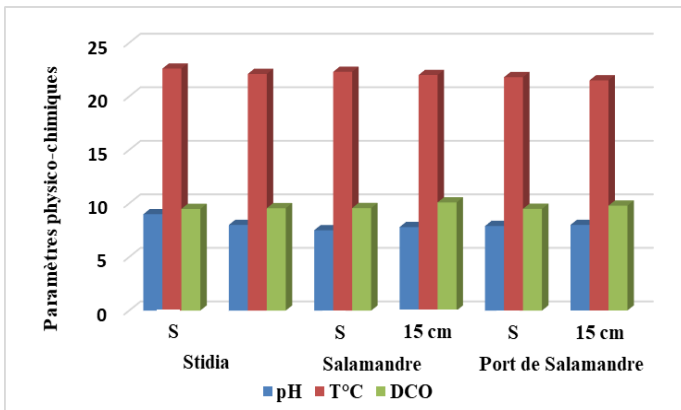


FIGURE 3: Mesures des paramètres physico-chimiques des prélèvements du mois de juin des trois sites.

3.2. Analyses mycologiques

Les résultats des analyses mycologiques sont illustrés dans le tableau 1. Une moyenne de 329 souches fongiques a été recensée et réparties selon leur importance d'apparition en : *Penicillium spp.* (28,56 %), *Aspergillus spp.* (11,54 %), *Rhizomucor sp.* (10,63 %), levures (10,63%), *Fusarium moniliforme* (8,51 %), *Trichothecium sp.* (7,90 %), *Peacilomyces sp.* (7,59 %), *Scopulariopsis brevicaulis* (7,59 %), *Trichoderma sp.* (3,03 %), *Sphaerosporium sp.* (2,12 %) et *Mucor sp.* (1,82 %) (Fig. 4).

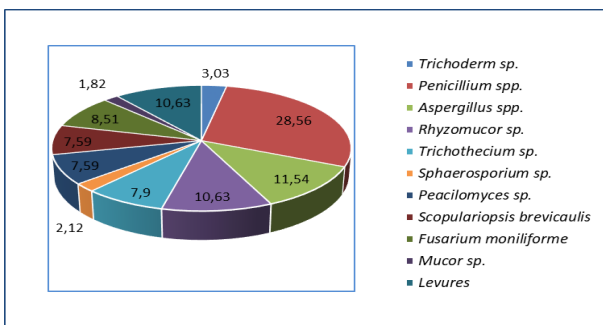


FIGURE 4 : Distribution fongique globale dans les trois sites d'étude.

TABLEAU 1 : Distribution des micromycètes dans les trois plages. S : En surface, 15 cm : 15 centimètres de profondeur.

Sites de prélèvement	Mois	Profondeur	Salamandre				Port de salamandre				Stidia			
			Avril		Juin		Avril		Juin		Avril		Juin	
			S	15cm	S	15cm	S	15cm	S	15cm	S	15cm	S	15cm
Espèces		Total UFC/ml												
<i>Trichoderma sp.</i>	3,03	10	0	0	0	0	0	0	8	1	0	1	0	0
<i>Penicillium spp.</i>	28,56	94	0	9	30	0	14	19	0	0	1	4	15	2
<i>Aspergillus spp.</i>	11,54	38	0	0	12	3	2	8	0	8	0	0	3	2
<i>Rhizomucor sp.</i>	10,63	35	28	0	3	0	0	0	2	0	0	0	1	1
<i>Trichothecium sp.</i>	7,90	26	0	0	10	7	0	0	3	4	0	0	2	0
<i>Sphaerosporium sp.</i>	2,12	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	2
<i>Peacilomyces sp.</i>	7,59	25	0	0	11	0	0	0	0	14	0	0	0	0
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	7,59	25	0	11	0	0	0	0	0	0	12	2	0	0
<i>Fusarium moniliforme</i>	8,51	28	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mucor sp.</i>	1,82	6	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Levures	10,63	35	0	9	2	7	8	0	0	0	0	0	8	1
Total		329	28	61	68	18	26	27	13	28	13	7	32	8

Par rapport aux sites de prélèvement et d'après la figure 5, le site de Salamandre est le plus contaminé par la microfonge marine avec un nombre de 175 isolats. Dans ce site le taux de matière organique est plus élevé, oscillant entre (9,57 et 10, 1 mg/ L d'O₂). Le port de Salamandre vient en deuxième position avec un nombre de 94 souches et un taux de matières organique de (9,01 et 10 mg/ L d'O₂). Ce site regroupe presque toutes les espèces à part le *Fusarium moniliforme* et *Scopulariopsis brevicaulis*. Le site de Stidia renferme le nombre le moins important avec 60 souches et un taux de matière organique allant du 9,49 à 9,56 mg/ L d'O₂.

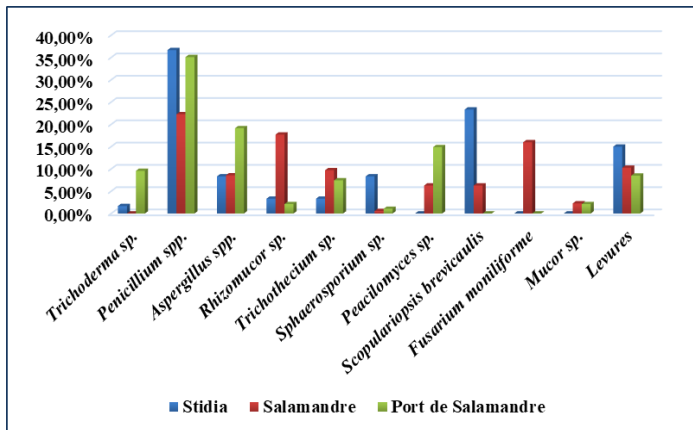


Figure 5 : Distribution fongique dans les trois sites d'étude

Pour ce qui est la période de prélèvement, nous avons constaté une plus forte charge en micromycètes pendant le mois du Juin. Durant cette période les températures mesurées étaient dans les alentours de 21,5 et 22,6°C, qui sont des températures adéquates au développement des espèces fongiques alors qu'en Avril les températures étaient plus basses (entre 17,7 et 18,8°C). Nos résultats sont contradictoires avec ceux de *Matallah-Boutiba et al. (2008)* et *Benmessaoud (2010)*, où le plus grand nombre de champignons a été remarqué en période hivernale. *Booth et Kenkel (1986)* suggèrent que la température de la mer est le facteur le plus important dans la répartition géographique des champignons marins. Un effet frappant de la température est l'apparition du basidiomycète marin *Digitispora marina* sur le bois lorsque la température est inférieure à 10°C, mais lorsqu'elle atteint 10°C et plus, le champignon cesse de fructifier sur le bois (*Byrne et Lones, 1974*). Donc le facteur température apparaît comme facteur limitant, et pour confirmer ce constat, une comparaison saisonnière au cours de tous les mois de l'année est nécessaire. En outre, le mois du juin correspond à l'ouverture des plages aux estivants, ce qui implique un déversement d'une grande quantité de matières organiques qui peuvent être conduites et transportés tout au long de la plage, ce qui peut avoir un impact sur la contamination de l'eau de mer par ces déchets.

En ce qui concerne le pH, les valeurs mesurées dans les échantillons d'eau de mer étaient acides à alcalines (entre 6 et 9) et cela selon les sites de prélèvement. D'après les résultats obtenus, on remarque un nombre plus important de champignons en eau alcaline qu'une eau acide. Certains genres fongiques isolés, comme *Aspergillus* et *Penicillium*, ont été également mentionnés pour des pH alcalins en Angleterre (*Pugh et Mathison, 1962*), en Egypte (*Migahed, 2003*) et en Algérie (*Benmessaoud, 2010*).

4. CONCLUSION

À la lumière des données recueillies, les eaux marines mostaganémoises renferment une grande diversité d'espèces fongiques d'origine terrestre, particulièrement abondantes dans l'eau superficielle qu'en profondeur. Les paramètres physico-chimiques examinés montrent leur influence directe sur la répartition des champignons marins qui dépend de conditions climatiques, telles que la température, le pH mais aussi le taux des matières organiques.

5. REFERENCES BIBLIORAPHIQUES:

- **Benmessaoud N.** 2010. Biodiversité Fongique du Sable de Quatre Plages (Beau Séjour, Eden, les Andalouses Et Madaghri) du Littoral Ouest Algérien. *Mémoire de Magister*, Université d'Oran. 155p.
- **Booth T and Kenkel N.** 1986. Ecological Studies of Lignicolous Marine Fungi: a Distribution Model Based on Ordination and Classification. In: *The Biology of Marine Fungi* (Ed. S.T. Moss). Cambridge University Press, Cambridge: 297-310.
- **Bousrhal A., El Omari H., Rahouti M., El Aissami A., Regragui A.** 2009. Contribution À la Connaissance des Micromycètes du Maroc. Cas des Espèces en Survie dans un Milieu Aquatique. *Afrique Science*, 05: 36-47.
- **Burgaud G., Edgcomb V., Hassett B.T, Kumar A., Li W., Mara P., Peng X., Philippe A., Phule P., Prado S., Quéméner M., et Roullier C.** 2022. Marine Fungi. In Book: *The Marine Microbiome* (pp. 243-295).
- **Byrne P.J. and Jones E.B.G.** 1974. Lignicolous Marine Fungi. *Veroeffentlichender Institute Fur Meeresforschung*, Bremehaven Supplement 5: 301-320.
- **Chabasse D., Bouchara J.P., de Gentile L., Brun S., Cimon B., Penn P.** 2002. Les Moisissures D'intérêt Médical. *Cahier de Formation N° 25*, Bioforma. 159p.
- **Cunliffe M., Hollingsworth A., Bain C., Sharma V., Taylor J.D.** 2017. Algal Polysaccharide Utilisation by Saprotrophic Planktonic Marine Fungi. *Fungal Ecology*, 30: 135-138.
- **Djelti H.,** 2021. Mise en Évidence de L'influence de Quelques Paramètres Physico-chimiques sur le Développement Fongique dans les Eaux Cotières Mostaganémoise. *Mémoire de Master*, Université de Mostaganem, 37p.
- **Edgcomb V.P., Beaudoin D., Gast R., Biddle J.F., Teske A.** 2011. Marine Subsurface Eukaryotes: the Fungal Majority. *Environ. Microbiol*, 13: 172-183.
- **Euzen A., Gaill F., Lacroix D., Cury P.** 2017. *The Ocean Revealed*. CNRS Éditions, Paris. 321p.
- **Gao Z., Johnson Z.I., Wang G.** 2010. Molecular Characterization of the Spatial Diversity and Novel Lineages of Mycoplankton in Hawaiian Coastal Waters. *Isme J*, 4: 111.
- **Jensen P.R. and Fenical W.** 1996. Marine Bacterial Diversity as a Resource for Novel Microbial Products. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol*, 17: 346-351.
- **Jin L., Quan C., Hou X., and Fan S.** 2016. Potential Pharmacological Resources: Natural Bioactive Compounds From Marine-derived Fungi. *Mar. Drugs*, 14: 76.
- **Jones E.B.G., Suetrong S., Sakayaroj J., Bahkali A.H., Abdel-Wahab M.A., Boekhout T., Pang K.L.** 2015. Classification of Marine Ascomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota and Chytridiomycota. *Fungal Diversity*, 73(1): 1-72.

- **Maamar A., Lucchesi M.E., Debaets S., Nguyen Van Long N., Quemener M., Coton E., Bouderbala M., Burgaud G., Matallah-Boutiba A.** 2020. Highlighting the Crude Oil Bioremediation Potential of Marine Fungi Isolated From the Port of Oran (Algeria). *Diversity Journal*, 12: 196.
- **Matallah-Boutiba A., Amiard J.C., Boutiba Z.** 2008. Inventaire des Espèces Fongiques des Eaux Marines du Littoral Occidental Algérien. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, 07: 93-102.
- **Matallah-Boutiba A., Benmessaoud N., Messaoui N. & Boutiba Z.** 2016. Microbiological Sandy Beach Quality in Western Algeria. *J Mar Biol Oceanogr*, 5: 3.
- **Michel P.** 1972. Mesure de la Demande Chimique en Oxygène dans l'eau de Mer. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit*, 36 (3): 361-365.
- **Migahed F.** 2003. Distribution of Fungi in the Sandy Soil of Egyptian Beaches. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6: 860-866. Pachiadaki M.g., Rédou V., Beaudoin D.j., Burgaud G., Edgcomb V.p. 2016. Fungal and Prokaryotic Activities in the Marine Subsurface Biosphere at Peru Margin and Canterbury Basin Inferred From Rna-based Analyses and Microscopy. *Front. Microbiol*, 7, 846.
- **Paço A., Duarte K., Da Costa J.P., Santos P.S., Pereira R., Pereira M.E., Rocha-Santos T.A.** 2017. Biodegradation of Polyethylene Microplastics by the Marine Fungus *Zalerion Maritimum*. *Sci. Total Environ.*, 586, 10–15.
- **Pugh G.J.F. and Mathison G.E.** 1962. Studies on Fungi in Coastal Soils: III. An Ecological Survey of Keratinophilic Fungi. *Transactions of the British Mycological Society*, 45: 567–572.
- **Saleem M., Ali M.S., Hussain S., Jabbar A., Ashraf M., and Lee Y.S.** 2007. Marine Natural Products of Fungal Origin. *Nat. Prod. Rep.*, 24, 1142–1152.
- **Taylor J.D., Cunliffe M.** 2016. Multi-year Assessment of Coastal Planktonic Fungi Reveals Environmental Drivers of Diversity and Abundance. *Isme J.*, 10: 2118–2128.
- **Tikour S.** 2018. Biodiversité Fongique de la Moule *Mytilus Galloprovincialis* (Lamarck, 1819) Élevée dans Deux Fermes Conchylicoles de l'Ouest Algérien Kristel Et Stidia. Mémoire de Master, Univ. Mostaganem, Algérie: 74p.
- **Nedjimi B., Daoud Y.** 2009. Cadmium Accumulation in *Atriplex Halimus* Subsp. *Schweinfurthii* and Its Influence on Growth, Proline, Root Hydraulic Conductivity and Nutrient Uptake. *Flora Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants*, 204, 316–324. DOI: 10.1016/j.flora.2008.03.004.
- **Osman A.E. and Ghassali F.** 1997. Effect of Storage Conditions and Presence of Fruiting Bracts on the Germination of *Atriplex Halimus* and *Salsola Vermiculata*. *Experimental Agriculture*, 33, 149–155. DOI: 10.1017/S0014479797000021.
- **Rabier J., Laffont-Schwob I., Pricop A., Ellili A., D'Enjoy-Weinkammerer G.M.D., Salducci P., Prudent P., Lotmani B., Tonetto et al., Masotti V.** 2014. Heavy-metal and Arsenic Resistance of the Halophyte *Atriplex Halimus* L. Along a Gradient of Contamination in a French Mediterranean Spray Zone. *Water Air Soil Pollut.*, 225: 1993.
- **Rizwan M., Ali S., Hussain A., Ali Q., Shakoor M.B., Rehman M.Z., Farid M., and Asma M.** 2017. Effect of Zinc-lysine on Growth, Yield and Cadmium Uptake in Wheat (*Triticum Aestivum* L.) and Health Risk Assessment. *Chemosphere*, 187: 35–42.
- **Sasmaz A., Obek E., and Hasar H.** 2008. The Accumulation of Heavy Metals in *Typha Latifolia* L. Grown in a Stream Carrying Secondary Effluent. *Ecological Engineering*, 33: 278–284.
- **Sbartai H., Rouabhi R., Sbartai I., Berrebah H. and Djebbar M.R.** 2008. Induction of Anti-oxidative Enzymes by Cadmium Stress in Tomato (*Lycopersicon Esculentum*). *Afr. J. Plant Sci.*, 5.
- **Singh R., Paul D., and Jain R.K.** 2006. Biofilms: Implications in Bioremediation. *Trends in Microbiology*, 14 (9): 389–397.
- **Sterckeman T., Douay F., Proix N., and Fourier H.** 2008. Contamination des Sols vers la Profondeur À Noyelles-Godault Et Aubry. In: Un Point Sur les Éléments Traces Métalliques dans les Sols, Approches Fonctionnelles et Spatiales. INRA Éditions, Paris: 565.
- **Tomulescu I., Radoviciu E., Merca V., and Tuduce A.** 2004. Effect of Copper, Zinc, and Lead and Their Combinations on the Germination Capacity of Two Cereals. *Journal of Agricultural Sciences*, 15: 39–42.
- **Verbruggen N., Hermans C., and Schat H.** 2009. Mechanisms to Cope With Arsenic or Cadmium Excess in Plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 12: 364–372.
- **Vogel-Mikus K., Drobne D., and Regvar M.** 2005. Zn, Cd, and Pb Accumulation and Arbuscular Mycorrhizal Colonization of Pennycress *Thlaspi Praecox* Wulf. (Brassicaceae) from the Vicinity of a Lead Mine and Smelter in Slovenia. *Environmental Pollution*, 133: 233–242.
- **Wei G., Fan L., Zhu W., Fu Y., Yu J., and Tang M.** 2009. Isolation and Characterization of the Heavy Metal Resistant Bacteria *Ccnwrs33-2* Isolated from Root Nodule of *Lespedeza Cuneata* in Gold Mine Tailings in China. *J. Hazard. Mater.*, 162: 50–56.
- **Wierzbicka M. and Obidzinska J.** 1998. The Effect of Lead on Seed Imbibition and Germination in Different Plant Species. *Plant Science*, 137(2): 155–171.
- **Wojcik M., Vangronsveld J., and Tukiendorf A.** 2005. Cadmium Tolerance in *Thlaspi Caerulescens*. I. Growth Parameters, Metal Accumulation and Phytochelatin Synthesis in Response to Cadmium. *Environmental and Experimental Botany*, 53: 151–161.
- **Wu F.C., Tseng R.L., and Juang R.S.** 2010. A Review and Experimental Verification of Using Chitosan and Its Derivatives as Adsorbents for Selected Heavy Metals. *Journal of Environmental Management*, 91: 798–806.
- **Zhou W.B. and Qiu B.S.** 2005. Effects of Cadmium Hyperaccumulation on Physiological Characteristics of *Sedum Alfredii* Hance (Crassulaceae). *Plant Science*, 169: 737–745.
- **Zoghalmi L.B., Djebali W., Chaibi W., and Ghorbel M.H.** 2006. Physiological and Structural Modifications Induced by Cadmium-Calcium Interaction in Tomato (*Lycopersicon Esculentum*). *Comptes Rendus Biologies*, 329: 702–711.

Caractéristiques de la niche trophique chez *Holothuria* (*Roweothuria*) *poli* et *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa* de la zone côtière de Mostaganem

MADANI Sihem^{*1,2}, BELBACHIR Nor Eddine^{1,2}, SOUALILI Dina Lila^{1,2}

¹Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marine et Littoral et Systématique Moléculaire.

²Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, BP 227, Algérie.

R É S U M É :

Mots clés :

Régime alimentaire ; niche trophique, compétition ; Mostaganem.

Une étude du comportement trophique a été réalisée sur deux espèces d'holothuries [*Holothuria* (*Roweothuria*) *poli*, *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa*] prélevées à partir de deux stations de la zone côtière de Mostaganem (Stidia, Petit Port). Cette approche nous permettra d'avoir un aperçu sur : (1) les sources trophiques consommées par ces animaux benthiques ; (2) la largeur de leurs niche trophique (indice de Levin) ; (3) la similarité de leurs régime alimentaire (indice de Schoener). Ce dernier indice constitue un indicateur potentiel de compétition interspécifique.

Les holothuries étudiées peuvent être considérées comme omnivores. Les Foraminifera représentées par des espèces appartenant à plusieurs familles, constituent l'aliment le plus consommé par l'ensemble des espèces des deux stations (51.33%, 33.33% chez *H. tubulosa* et *H. poli* de Petit Port ; 52.50% et 45.33%, chez *H. tubulosa* et *H. poli* de Stidia respectivement), suivi par les Rhodophyta représentées par des espèces appartenant à quatre ordres (12.67%, 18.33% chez *H. tubulosa* et *H. poli* de Petit Port ; 9.17% et 16.17%, chez *H. tubulosa* et *H. poli* de Stidia respectivement). L'analyse statistique (Permanova) montre une différence très hautement significative du régime alimentaire entre les deux stations ($P < 0.001$), par contre, aucune différence n'a été détectée entre les espèces. L'ensemble des espèces étudiées peuvent être considérées comme spécialistes, du moment que la largeur de leurs niche trophique est très faible (indice de Levin : un maximum de 0.0024 chez *H. poli* de Petit Port, ce qui est très faible). Selon l'indice de Schoener obtenu (0.91% à Petit Port et 1% à Stidia), les deux espèces présentent une grande similitude en termes de régime alimentaire.

Les deux espèces d'holothuries étudiées coexistent au sein de la même niche trophique, ce qui implique une importante compétition pour les sources alimentaires (importantes valeurs de l'indice de Schoener). Ceci amène chaque espèce à choisir une alimentation spécifique à elle, se traduisant ainsi par des niches alimentaires étroites (faibles valeurs de l'indice de Levin). Nous estimons qu'un tel comportement trophique peut être une réponse face à une situation de faible diversité de sources alimentaires et donc vraisemblablement d'une perturbation des deux stations d'étude.

1. INTRODUCTION

Les perturbations anthropiques tels que la dégradation des habitats naturels altèrent la qualité et la disponibilité des ressources alimentaires et induisent des changements dans les niches trophiques des espèces, ce qui pourrait affecter la compétition interspécifique et par conséquent modifier les modèles de biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes (Wilson *et al.*, 2006 ; Calizza *et al.*, 2017 ; Burdon *et al.*, 2020). En effet, un degré élevé de limitation des ressources dans des habitats dégradés pourrait intensifier les effets de la compétition interspécifique, ce qui pourrait conduire à ce que l'espèce dominante exclue complètement l'espèce subordonnée (Griffis et Jaeger 1998, Orrock et Watling 2010). Certains modèles théoriques suggèrent même que le changement d'habitat a le potentiel de créer de nouvelles rivalités entre les espèces et d'inverser les hiérarchies compétitives (Tilman *et al.*, 1994 ; Auer et Martin, 2013).

A travers leur régime alimentaire, les holothuries jouent un rôle important dans la transformation et le recyclage de la matière organique ce qui lui donne un rôle clef dans le réseau trophique benthique (Purcell *et al.*, 2016). Compte tenu de ces qualités, nous estimons que ces animaux benthiques constituent un modèle biologique très intéressant afin de comprendre les effets de la dégradation des habitats sur les niches trophiques.

Ce travail vise à caractériser les niches trophiques de deux espèces d'holothuries de la cote de Mostaganem, à travers laquelle nous pourrions avoir un aperçu sur la qualité des habitats dans lesquelles vivent ces espèces. Les paramètres abordés lors de notre travail sont :

- (1) Analyse qualitative et quantitative des sources trophiques consommées par ces animaux benthiques ;
- (2) La similarité de leurs régimes alimentaires (Indice de Schoener, qui constitue un indicateur potentiel de compétition interspécifique) ;
- (3) La largeur de leurs niches trophiques (Indice de Levin).

*Corresponding author.

E-mail address: sihem.madani.etu@univ-mosta.dz

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'échantillonnage a été réalisé en été au niveau des deux stations de Stidia (20 Km à l'ouest de la ville de Mostaganem) et de Petit Port (50 Km à l'est de la ville de Mostaganem) (Fig. 1), à une profondeur moyenne de -3 m.

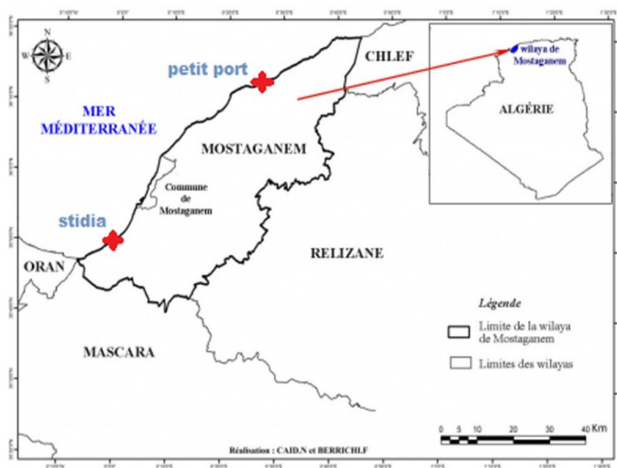


FIGURE 1 : Situation géographique des stations étudiées

Dix individus, ont été prélevés pour chacune des espèces d'holothuries suivantes : *Holothuria (Roweothuria) poli*, *Holothuria (Holothuria) tubulosa*. Chaque individu a été mis isolément dans un sac en plastique contenant de l'eau de mer, afin de le traiter ultérieurement. La méthode des contacts de Jones (1968), modifiée par Nedelec (1982) a été utilisée pour l'analyse quantitative et qualitative des contenus digestifs. Pour ce faire, un sous-échantillon d'1g du contenu digestif de chaque individu prélevé est ajouté à 10 ml d'eau de mer formolé (10 %). Ensuite 1ml de cette préparation est mise sur une lame pour son observation au microscopie photonique au grossissement x40. La préparation placée sous l'objectif du microscope, est déplacée au hasard. A chaque position, l'espèce se trouvant exactement au centre du champ visuel est identifiée ; il s'agit d'un contact. Dix contacts ont été réalisés pour dix lames, soit 100 contacts pour l'ensemble d'un contenu digestif. La somme des contacts pour un aliment, établit le pourcentage de sa présence dans le contenu digestif.

Afin de caractériser la niche trophique des holothuries étudiées, notre choix s'est porté sur deux indices, à savoir :

L'indice de recouvrement de Schoener (1970) : Utilisé pour estimer le degré de chevauchement des niches trophiques entre les deux espèces d'holothuries étudiées. Cet indice a été calculé selon la formule :

$$T = 1 - 0.5 [\sum |P_{xi} - P_{yi}|]$$

Avec : P_{xi} = proportion de l'aliment i dans l'intestin de l'espèce x ; P_{yi} = proportion de l'aliment i dans l'intestin de l'espèce y . Si la valeur de T est comprise entre 0 et 0.6 cela signifie que les deux espèces (x et y) n'ont pas le même régime alimentaire. Par contre, si la valeur de T est supérieure à 0.6, cela signifie qu'il y a un chevauchement de la niche alimentaire (Keast, 1978).

L'indice de Levin (1968) : L'indice de Levin est utilisé afin d'estimer la largeur de la niche trophique de chacune des deux espèces étudiées, il a été calculé selon la formule :

$$B = (1 / \sum P_i^2)$$

Avec : P_i = proportion de l'aliment i pour une espèce donnée. Si la valeur de B est proche de 0, cela signifie que la largeur de niche trophique est faible (espèce spécialiste). Par contre, si la valeur de B est proche de 1, cela signifie que la largeur de niche trophique est grande (espèce généraliste) (Séràfina et Lovari, 1993).

Une analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA) (Anderson, 2001) a été utilisée pour tester la dissimilarité du régime alimentaire entre les deux facteurs (espèce ; station). L'analyse statistique a été effectuée moyennant le logiciel R v3.4.1 (R Core Team, 2017).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les sources alimentaires retrouvées dans les contenus digestifs des deux espèces d'holothuries étudiées sont très diversifiées, ce qui nous mène à dire que ces dernières ont un mode alimentaire plutôt omnivore. Au niveau de la station de Stidia, les Foraminifera constituent l'aliment le plus consommé par les deux espèces (52.50% et 45.33%, chez *H. tubulosa* et *H. poli* respectivement), suivi par les Rhodophyta avec 16.17% chez *H. poli* et 9.17% chez *H. tubulosa* (Fig. 2).

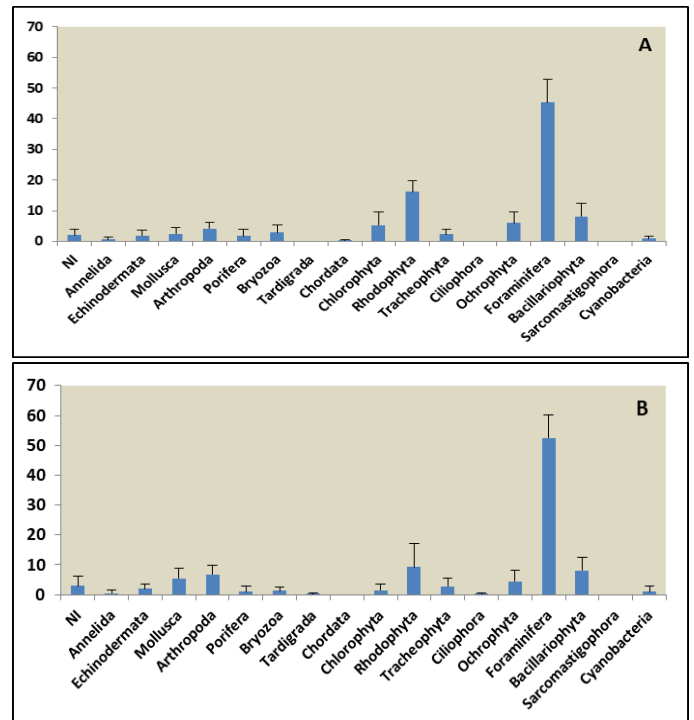


FIGURE 2 : Contribution (en pourcentage) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire d'*H. poli* (A) et *H. tubulosa* (B) de la station de Stidia.

Les proportions des *Bacillariophyta* dans le contenu digestif des deux espèces d'holothuries de la station de Stidia sont relativement moyennes (8.17% et 8%, chez *H. poli* et *H. tubulosa* respectivement) (Fig. 2). Les Foraminifera constituent également l'aliment le plus consommé par les deux espèces d'holothuries de la station de Petit Port (51.33%, 33.33% chez *H. tubulosa* et *H. poli* respectivement), suivi par les Rhodophyta (18.33% et 12.67%, chez *H. poli* et *H. tubulosa*) (Fig. 3). Par ailleurs, les *Bacillariophyta*, avec 12.33%, sont moyennement consommées par *H. poli* de Petit Port (Fig. 3).

L'analyse statistique indique qu'il existe une différence très hautement significative du régime alimentaire entre les deux stations (Permanova, $P < 0.001$) ; mais aucune différence entre les espèces n'a été signalée.

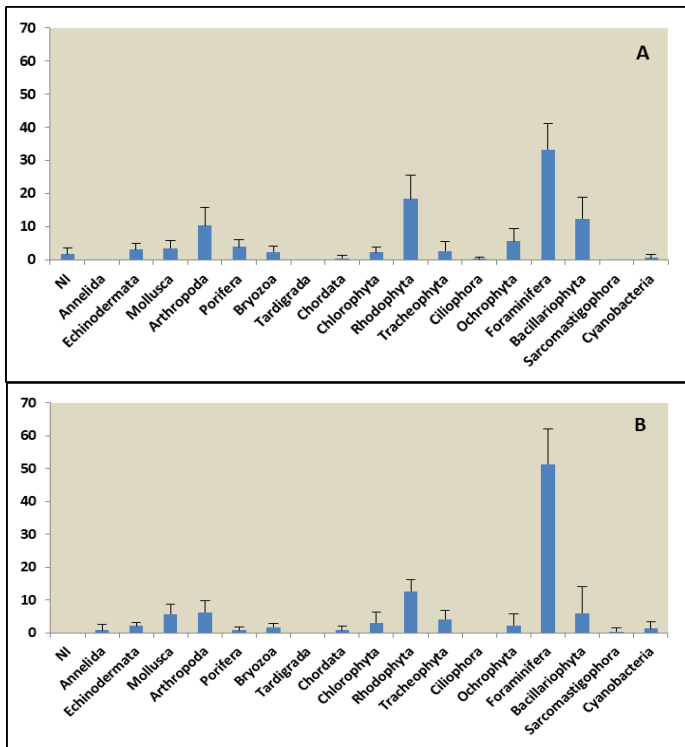


Figure 3 : Contribution (en pourcentage) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire d'*H. poli* (A) et *H. tubulosa* (B) de la station de Petit Port.

D'importantes proportions de *Foraminifera* dans les contenus digestifs des deux espèces d'holothuries *H. poli* et *H. tubulosa*, ont également été observées par Belbachir, (2018). Selon Bakus, (1973), les Foraminifera constituent l'une des sources principales de nourriture pour les holothuries. La fraction végétale représentée par les *Rhodophyta* sont également très appréciées par les holothuries étudiées ; ceci est probablement due à la qualité nutritionnelle de ces algues. En effet, selon Tenor et Rice, (1980), les débris d'algues sont riches en azote et en composés organiques solubles, permettant ainsi aux holothuries d'acquiescer un aliment d'une qualité nutritionnelle importante. D'autre part, il est fort probable que les *Bacillariophyta* retrouvés dans les contenus digestifs de *H. poli* de la station de Petit Port soient des diatomées épiphytes des feuilles de posidonies ; du moment que plusieurs diatomées benthiques prolifèrent sur les feuilles de posidonies (Majewska et al., 2014). L'utilisation des *Bacillariophyta* dans l'alimentation des holothuries est signalée par plusieurs auteurs (Yokoyama, 2013 ; Xie et al., 2017). Il est également à noter que les *Bacillariophyta* constituent un élément essentiel de l'alimentation des holothuries (Shi et al., 2015).

Les valeurs de l'indice de recouvrement de Schoener pour les deux stations sont nettement supérieures à 0.6 (Fig. 4) ; ce qui suggère que les deux espèces *H. poli* et *H. tubulosa* présentent un important degré de chevauchement de leurs niches trophiques, ceci au niveau des deux stations de Petit Port et de Stidia. En se basant sur le fait que l'indice de Schoener est un indicateur d'une potentielle compétition interspécifique (Cachera et al., 2017) ; nous estimons que la faible diversité des ressources alimentaires au niveau des deux stations d'études amène les deux espèces d'holothuries à entrer en compétition pour l'acquisition de l'aliment. En effet, un degré élevé de limitation des ressources alimentaires dans des habitats dégradés pourrait intensifier les effets de la compétition interspécifique (Griffis et Jaeger 1998, Orrock et Watling, 2010).

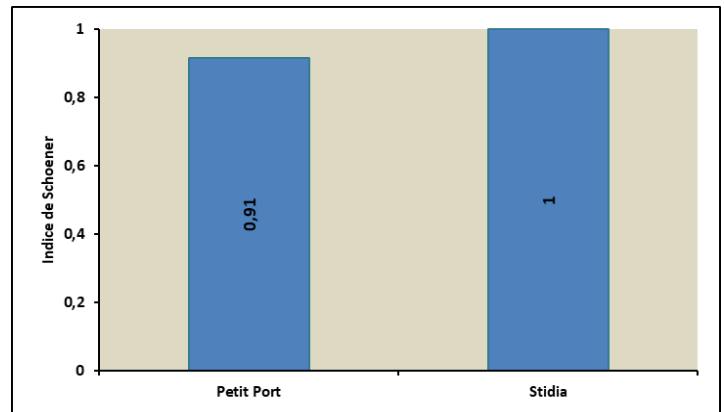


FIGURE 4 : Indices de recouvrement de Schoener entre les niches alimentaires des deux espèces d'holothuries *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa* des deux stations de Petit Port et de Stidia.

Par ailleurs, les valeurs de l'indice de Levin des deux espèces d'holothuries étudiées sont très faibles (Fig. 5) ; ce qui nous indique que les deux concombres de mer possèdent des niches trophiques très étroites. Compte tenu que l'indice de Levin est considéré comme un indice de spécialisation (Serafini et Lovari, 1993 ; Belmaker et al., 2012), nous estimons que *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa* des deux stations de Petit Port et de Stidia sont des espèces spécialistes.

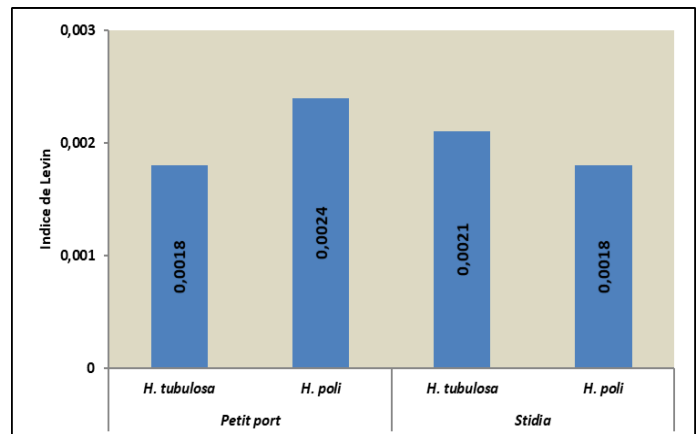


FIGURE 5 : Indices de Levin des deux espèces d'holothuries *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa* des deux stations de Petit Port et de Stidia.

4.CONCLUSION

Les deux espèces d'holothuries étudiées coexistent au sein de la même niche trophique, ce qui implique une importante compétition pour les sources alimentaires (importantes valeurs de l'indice de Schoener). Ceci amène chaque espèce à choisir une alimentation spécifique à elle, se traduisant ainsi par des niches alimentaires étroites (faibles valeurs de l'indice de Levin). Nous estimons qu'un tel comportement trophique peut être une réponse face à une situation de faible diversité de sources alimentaires et donc vraisemblablement d'une perturbation des deux stations d'étude.

5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Auer, S. K., et Martin, T. E. 2013.** Climate Change Has Indirect Effects on Resource Use and Overlap Among Coexisting Bird Species With Negative Consequences for Their Reproductive Success. *Global Change Biology*, 19: 411–419.
- **Anderson, M. J. 2001.** A New Method for Non-parametric Multivariate Analysis of Variance. *Austral Ecology*, 26: 32–46.
- **Bakus, G. J. 1973.** The Biology and Ecology of Tropical Holothurians. In: O. A. Jones and R. Edean (Eds.). *The Biology and Geology of Coral Reefs*. Academic Press, New York, 2: 325–367.
- **Belbachir, N. 2018.** Rôle des Holothuries Aspidochirotes dans le Fonctionnement du Réseau Trophique de l'Écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la Frange Côtière de Mostaganem. Thèse de Doctorat en Science. *Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem*, 169 pp.
- **Belmaker, J., Sekercioglu, C. H., Jetz, W. 2012.** Global Patterns of Specialization and Coexistence in Bird Assemblages. *Journal of Biogeography*, 39(1): 193–203.
- **Burdon, F. J., McIntosh, A. R., et Harding, J. S. 2020.** Mechanisms of Trophic Niche Compression: Evidence From Landscape Disturbance. *Journal of Animal Ecology*, 89: 730–744.
- **Cachera, M., Ernande, B., Villanueva, M. C., et Lefebvre, S. 2017.** Individual Diet Variation in a Marine Fish Assemblage: Optimal Foraging Theory, Niche Variation Hypothesis and Functional Identity. *Journal of Sea Research*, 120: 60–71.
- **Calizza, E., Costantini, M. L., Careddu, G., et Rossi, L. 2017.** Effect of Habitat Degradation on Competition, Carrying Capacity, and Species Assemblage Stability. *Ecology and Evolution*, 7: 5784–5796.
- **Griffis, M. R., et Jaeger, R. G. 1998.** Competition Leads to an Extinction-prone Species of Salamander: Interspecific Territoriality in a Metapopulation. *Ecology*, 79: 2494–2502.
- **Jones, R. 1968.** A Suggested Method for Quantifying Gut Contents in Herbivorous Fishes. *Micronesica, Guam*, 4(2): 369–371.
- **Keast, A. 1978.** Trophic and Spatial Interrelationships in the Fish Species of an Ontario Temperate Lake. *Environmental Biology of Fishes*, 3(1): 7–31.
- **Levins, R. 1968.** *Evolution in Changing Environments*. Princeton University Press, Princeton.
- **Majewska, R., D'Alelio, D., De Stefano, M. 2014.** *Cocconeis Ehrenberg* (Bacillariophyta), a Genus Dominating Diatom Communities Associated With *Posidonia oceanica* Delile in the Mediterranean Sea. *Aquatic Botany*, 112: 48–56.
- **Nedelec, H. 1982.** Ethologie Alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la Baie de Galéria (Corse) et Son Impact sur les Peuplements Phytobenthiques. Thèse Doctorat 3ème cycle Océanogr. Biol., *Université Paris 6, France*, 1–175.
- **Orrock, J. L., et Watling, J. I. 2010.** Local Community Size Mediates Ecological Drift and Competition in Metacommunities. *Proceedings of the Royal Society B*, 277: 2185–2191.
- **Purcell, S. W., Conand, C., Uthicke, S., Byrne, M. 2016.** Ecological Roles of Exploited Sea Cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 54: 367–386.
- **R Core Team 2017.** R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. URL: <https://www.r-project.org/>
- **Schoener, T. W. 1970.** Non Synchronous Spatial Overlap of Lizards in Patchy Habitats. *Ecology*, 51: 408–418.
- **Sérafini, P., et Lovari, S. 1993.** Food Habits and Trophic Niche Overlap of the Red Fox and the Stone Marten in a Mediterranean Rural Area. *Acta Theriologica*, 38(3): 233–244.
- **Shi, C., Dong, S. L., Pei, S., Wang, F., Tian, X. L., Gao, Q. F. 2015.** Effects of Diatom Concentration in Prepared Feeds on Growth and Energy Budget of the Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture Research*, 46: 609–617.
- **Tenore, K. R., Rice, D. L. 1980.** Trophic Factors Affecting Secondary Production of Deposit Feeders. In: Tenore, K. R., Coull, B. C. (Eds.). *Marine Benthic Dynamics*. University of South Carolina Press, Columbia, p. 325–340.
- **Tilman, D., May, R. M., Lehman, C. L., et Nowak, M. A. 1994.** Habitat Destruction and the Extinction Debt. *Nature*, 371: 65–66.
- **Wilson, S. K., Graham, N. A. J., Pratchett, M. S., Jones, G. P., et Polunin, N. V. C. 2006.** Multiple Disturbances and the Global Degradation of Coral Reefs: Are Reef Fishes at Risk or Resilient? *Global Change Biology*, 12: 2220.
- **Xie, X., Zhao, W., Yang, M., Zhao, S., Wei, J. 2017.** Beneficial Effects of Benthic Diatoms on Growth and Physiological Performance in Juvenile Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture International*, 25(1): 287–302.
- **Yokoyama, H. 2013.** Growth and Food Source of the Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* Cultured Below Fish Cages: Potential for Integrated Multi-Trophic Aquaculture. *Aquaculture*, 372: 28–38.

Etude de l'efficacité de Nettoyage « NEP » par l'ATP métrie au Sein d'une unité de crème glacée

BENBOUZIANE Bouasria^{*1}, CHADLI Amina², BOUADJADJ Fatema Zohra³, ELMELIANI Yousra³

¹ Laboratoire de Bioéconomie, Sécurité Alimentaire et Santé (LBSAS), Département des Sciences Alimentaires, UMAB-Mostaganem

² Laboratoire de biotechnologie appliquée à la préservation de l'environnement, Ecole Supérieure d'Agronomie-Mostaganem.

R E S U M É

Mots clés:

Glaces, Nettoyage en place, ATP-métrie, Analyses classiques.

La présente étude s'inscrit dans le cadre du suivi de l'efficacité du système de nettoyage en place (NEP) par une nouvelle méthode d'analyse rapide appelée ATP-métrie ou luminescence, au sein d'une unité de production de crème glacée à Mostaganem. Pour atteindre notre objectif, nous avons assisté et participé aux opérations de nettoyage en place des équipements de fabrication (ligne de préparation et de pasteurisation du mix HTST, cuves de maturation, freezers et conditionneuses) en respectant les principes du « TACT » (Température, Action mécanique, Concentration, Temps de contact). Nous avons effectué 100 prélèvements des eaux de rinçage (premier et dernier rinçage) et des surfaces à différents niveaux, en utilisant la méthode d'ATP-métrie comme analyse rapide. En parallèle, des analyses classiques ont été réalisées sur « cinq échantillons des eaux de rinçage » pour évaluer la qualité microbiologique et permettre une comparaison entre les deux méthodes. Ce travail a été réalisé dans le laboratoire d'auto-contrôle de l'unité. Les essais ont révélé que les tests rapides d'ATP-métrie ont fourni des résultats très satisfaisants et conformes, tant pour les eaux de rinçage que pour les surfaces, sauf pour certaines surfaces des conditionneuses, où des valeurs élevées d'ATP ont été relevées. Aucune différence significative n'a été observée entre les différents types de nettoyage utilisés par l'entreprise (désinfection, nettoyage courant, nettoyage approfondi). Les analyses classiques réalisées visaient à détecter deux types de micro-organismes : F.T.A.M et coliformes. Cela indique une complémentarité entre les deux méthodes en fonction des besoins spécifiques de l'application et des objectifs de l'analyse. Les résultats obtenus confirment l'efficacité des méthodes de nettoyage appliquées et attestent des bonnes pratiques d'hygiène au sein de l'unité de production des glaces, qui met en œuvre le programme HACCP avec rigueur.

1. INTRODUCTION

De nos jours, les industries agroalimentaires jouent un rôle de plus en plus important dans la relance de l'économie du pays, notamment par le développement de diverses gammes de produits visant à satisfaire les consommateurs et à leur offrir un large éventail de choix et de saveurs sur le marché. Parmi ces produits, les glaces occupent une place importante et comptent parmi les produits laitiers les plus consommés au monde (Sun-Waterhouse *et al.*, 2013).

Aujourd'hui, les glaces sont fabriquées et consommées dans presque tous les pays. La production mondiale de glaces et de desserts glacés a été estimée à 14,4 milliards de litres en 2001, soit une moyenne de 2,4 litres par personne (Clarke, 2004). Ce secteur est très diversifié et hautement concurrentiel, où de grands groupes mondiaux cohabitent avec des artisans locaux. Les produits sont commercialisés dans des points de vente modernes, dans les rues, et

dans des lieux publics très fréquentés, tandis que des entreprises de taille moyenne deviennent de plus en plus souvent des filiales des deux géants Nestlé et Unilever.

En Algérie, la consommation de glaces ne cesse d'augmenter, cette tendance étant attribuée à la haute valeur nutritive de ce produit ainsi qu'à ses propriétés rafraîchissantes, particulièrement appréciées pour soulager la chaleur des mois d'été (Patton, 2017).

La production de glaces est un processus complexe, qui comprend plusieurs étapes allant de la sélection rigoureuse des matières premières et des équipements jusqu'aux procédés de fabrication optimisés pour maintenir un bon équilibre à chaque étape. Elle repose également sur des formulations alimentaires variées, intégrant différents ingrédients tels que les protéines laitières, les arômes, les épaississants, le sucre et les colorants, afin de produire un dessert correspondant aux attentes du marché (Van Kleef *et al.*, 2005; Patil *et Banerjee*, 2017).

*Corresponding author.

E-mail address: benbouzianesri@gmail.com

Cependant, les glaces constituent un milieu très propice à la croissance des micro-organismes, en raison de leur teneur en éléments nutritifs (comme le lactose et les protéines) et de leur pH quasi neutre (pH~6-7) (Badr, 2012 ; El Ouali Alami, 2013). Un contrôle de qualité microbiologique rigoureux est donc indispensable pour éviter toute altération du produit et garantir sa stabilité jusqu'à la consommation, prévenant ainsi les risques d'intoxications alimentaires collectives (Merkus et Meesters, 2013).

Pour éviter tout risque de contamination microbienne, il est essentiel de garantir que le processus de nettoyage et de désinfection est efficace et respecte des normes d'hygiène strictes, afin d'assurer qu'aucun résidu ne reste dans l'équipement de production (cuves, vannes, etc.). De plus, le processus de nettoyage doit être adapté à la nature du produit (organique et/ou minérale).

À cet égard, l'objectif de notre projet de fin d'étude est d'évaluer l'efficacité du système de nettoyage en place (NEP) au sein d'une unité de production de crème glacée à Mostaganem, en utilisant la méthode d'ATP-métrie.

Ce travail est divisé en deux parties principales, chacune contribuant de manière significative à notre compréhension de l'industrie des glaces et de l'importance de l'hygiène dans le secteur agroalimentaire

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Objectif

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'efficacité du système de nettoyage en place (NEP) au sein d'une unité de production de glace à Mostaganem en utilisant la méthode d'ATP-métrie, et de valider cette méthode en la comparant aux tests microbiologiques classiques. Cette étude a été réalisée dans le laboratoire d'auto-contrôle de l'entreprise, afin de garantir un haut niveau de propreté et de sécurité microbiologique dans l'ensemble du processus de production.

2.2 Méthodes de nettoyage utilisé dans l'industrie

Le nettoyage est une activité d'entretien et de maintenance des locaux et des équipements ayant pour objectif premier d'assurer un aspect agréable et un degré de propreté, de confort et d'hygiène. Cette élimination (à tous les niveaux macroscopiques des saletés granulaires, biologiques, organiques ou liquides est réalisée par un procédé qui respecte l'état) des surfaces traitées et utilisées, selon le taux d'évolution, les facteurs suivants se combinent : TACT Température, Action mécanique, Action chimique et le Temps.

L'usine tient à effectuer le nettoyage dans son intégralité, en utilisant de nombreuses méthodes de nettoyage, notamment :

- **Rinçage et désinfection** : nettoyage effectué après chaque opération pour les cuves de maturation.
- **Nettoyage courant** : nettoyage consiste à additionner un détergent alcalin VC13 dans une première étape tandis que la deuxième concerne l'addition d'un désinfectant à base de l'ammonium quaternaire VT50 ce nettoyage effectuer tous les jours pour le HTST, ligne de pasteurisation et les Freezers utilisés pendant la journée.
- **Nettoyage Approfondi** : nettoyage consiste à additionner un détergent alcalin VC13 dans une 1ere étape tandis que la deuxième concerne l'addition d'un détartrant acide nitrique non fumant et la troisième étape est l'addition de désinfectant VT50 effectuer toutes les fins de semaine pour le HTST et la ligne de pasteurisation et les Freezers.

2.2.1 ATP-METRE HYGIENA ENSURE TOUCH

Le compteur EnSURE Touch ATP est un système de surveillance de l'ATP définie par des procédures de mesure, d'enregistrement et HACCP à portée de main. Plus qu'un simple ATP-mètre, il permet également de détecter et de numériser des micro-organismes grâce à des réactions de bioluminescence.

EnSURE Touche Collecte, analyse et rapporte les données de divers appareils de test de qualité fiables depuis longtemps, fournissant des données de vérification sanitaire rapides et précises.

Doté d'un écran tactile de 5 pouces, d'une technologie de synchronisation sans fil et d'un logiciel basé sur le cloud (Chellouah, 2020).

Conçu pour s'adapter à votre lieu de travail, en fournissant les données dont vous avez besoin pour la surveillance complexe de la chaîne d'approvisionnement multi-sites et la gestion des risques.

a. Caractéristique

EnSURE Touch ATP caractérise par la réalisation rapide de test, sécurisée, intuitif par recherche rapide de plans d'échantillonnage, lieux et utilisateurs, vérification d'étalonnage, synchronisation avec le logiciel de programmes SureTrend™ Cloud, à nombreux paramètres, connexion Wifi et analyse des tendances et des rapports (Chellouah, 2020).

b. Les avantages

EnSURE Touch ATP à nombreux avantage selon (Chellouah, 2020) tel que :

- * Plus de données sur les résultats : ajout du personnel de nettoyage, les produits de nettoyage, etc,
- * Chambre de lecture amovible : meilleur nettoyage de la chambre de lecture si contamination,
- * Coque extérieure robuste : Écran EnSure touch incassable, coque résiste aux chocs
- * Batterie intelligente : Réglage de la luminosité de l'écran, délai d'inactivation de l'écran,
- * Utilisation pratique à une main.

c. Les différents tests ATP-METRE HYGIENA ENSURE TOUCH

Cet appareil a plusieurs fonctions au fait plusieurs analyses chaque de c'est analyse à un kit spéciale méthode spéciale selon (Chellouah, 2020) les tests sont :

- **Test microbiologique**
 - ⇒ Test de surface,
 - ⇒ Test de l'eau,
 - ⇒ Test d'étalonnage,
 - ⇒ Tests pathogènes.
- **UltraSnap, SuperSnap : Test ATP de Surface**
 - ⇒ Résultats en 10 secondes,
 - ⇒ Extrêmement sensible, Efficace, facile à utiliser,

- ⇒ 100 % recyclable & non toxique,
- ⇒ Répétabilité, linéarité, sensibilité et exactitude remarquables, selon une étude établie par un laboratoire tiers.
- **Aquasnap : Test ATP des eaux**
- ⇒ Système de prélèvement homogène,
- ⇒ Plus fiable que le système de lames gélées,
- ⇒ 100 % recyclable et non toxique
- **Kit d'étalonnage CalcheCk**
- ⇒ Contrôle la calibration du système en interne Technologie,
- ⇒ Faire preuve de diligence raisonnable,
- ⇒ Réduction des frais d'étalonnage,
- ⇒ Utilisation illimitée.

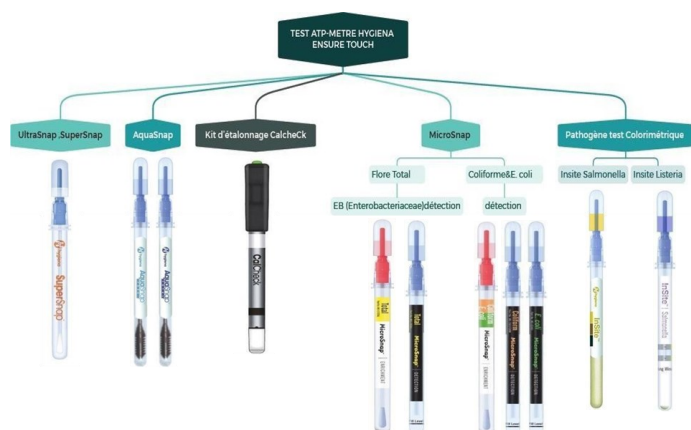
a. Prélèvements des eaux de rinçage

Les solutions de rinçage sont prélevées de plusieurs points dans la chaîne de production à la fin de l'opération de nettoyage et parfois avant. Le nombre total de prélèvements est 50, dont 15 provenant des freezers, 11 des cuves de maturation, 8 de HTST, 2 de cuve à sirop voir la figure 2, figure 4

b. Prélèvements des surfaces :

Prélèvements des surfaces prélevées de plusieurs points dans la chaîne de production à la fin de l'opération de nettoyage. Le nombre de prélèvements des surfaces estimé à 50, dont 20 provenant des freezers et 30 provenant des cuves de maturation voire la figure 3, figure 4, À l'aide d'un kit UltraSnap .

Figure 1 : Les tests d'identification rapide « HYGIENA ».



2.3 Échantillonnage et techniques des prélèvements

La procédure d'échantillonnage affecte directement la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions de base doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par l'échantillonneur et l'air ambiant et d'assurer l'intégrité d'un échantillon :

2.3.1 Prélèvements.

- Les échantillons prélevés ont été acheminés immédiatement au laboratoire,
- L'identification des échantillons,
- L'heure de prélèvement,
- Le délai de transport,, La conformité du prélèvement, etc.

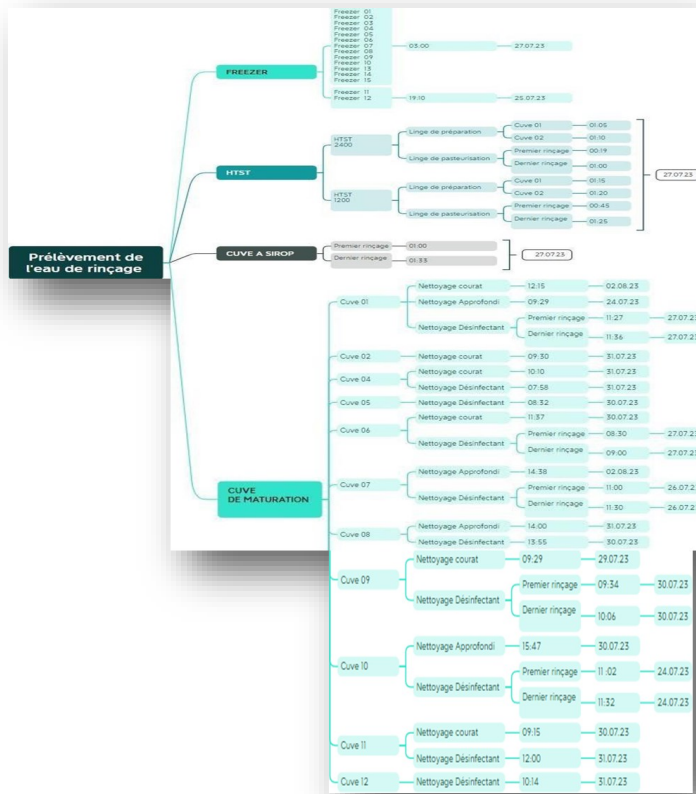


Figure 2 : Prélèvement des eaux de rinçage

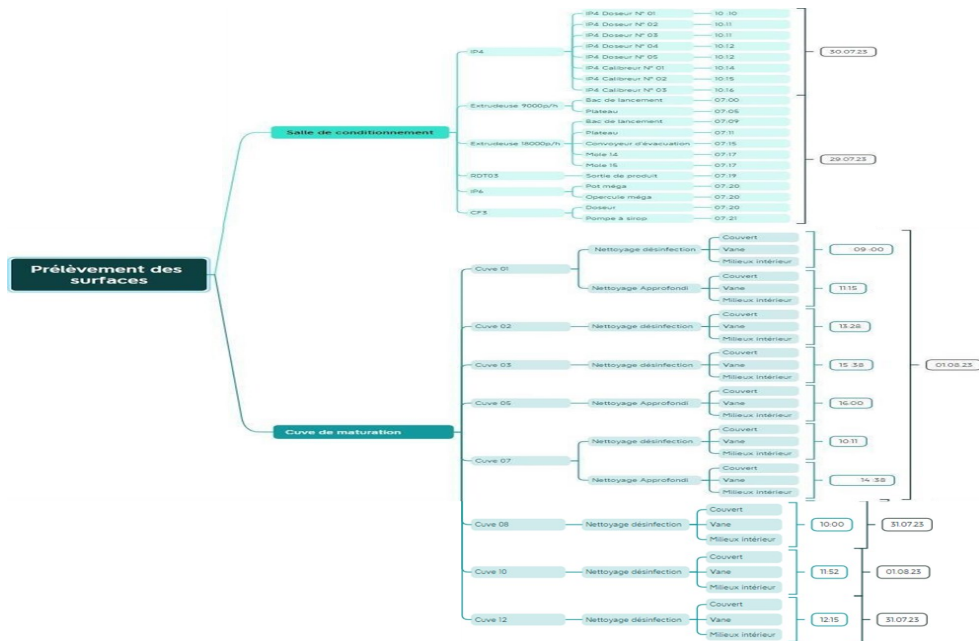


Figure 3: Prélèvement des surfaces Analyses classiques

2.4 Les contrôles microbiologiques classiques

Effectuer pour analyse d'eau de rinçage pour confirmer les analyses rapides, donc les micro-organismes recherchés ou dénombrés sont essentiellement :

- * Flore mésophile totale « FTAM »
- * Coliformes totaux et fécaux

Les prélèvements sont pris dans des flacons en verre stérile

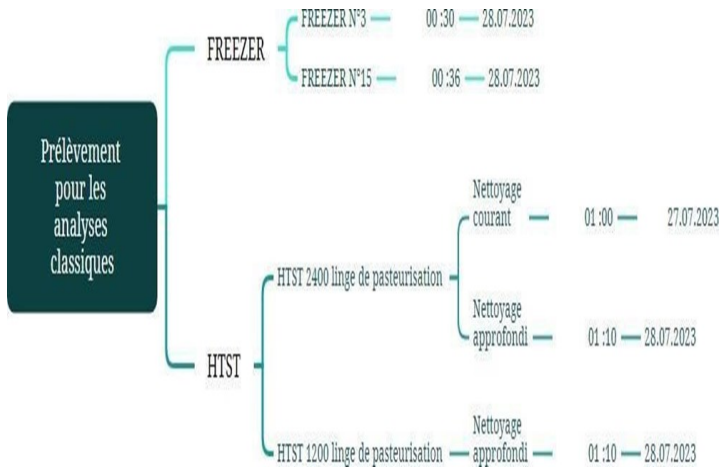


Figure 4 : Les prélèvements pour l'analyse classique.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Les résultats des analyses rapides de l'ATP métrie

La quantification des concentrations en ATP a été réalisée par la méthode de bioluminescence (Le Gallou, 2017). La limite minimale de l'appareil est estimée à 20 RLU et la limite maximale 60 RLU. :

3.2 L'eau de rinçage

Les analyses des écouillons des eaux de rinçage « Aqua-Snap » de l'ATP-métrie obtenus à partir des différents types des équipements utilisés « HTST, Cuve de sirop, Cuves de maturation, Freezers, Conditionneuses ».

a. HTST (High temperature short time)

*** Nettoyage courant**

D'après la figure 5, qui représente les résultats de l'ATP mètre effectué sur les eaux de rinçage de la HTST durant nettoyage courant, les eaux de rinçage analysées ont montré des valeurs de 0 RLU pour les deux cuves de préparation liées à la HTST 1200, tandis que pour la ligne de pasteurisation, la valeur est de 0 RLU pour 1^{er} rinçage et de 2 RLU pour le dernier rinçage. Quant au HTST 2400 les deux cuves (N°01 et N°02) relié à cette ligne ont donné les résultats respectifs de 9 RLU et 10 RLU, tandis que pour la ligne de pasteurisation, la valeur est de 3 RLU pour 1^{er} rinçage et 0 RLU pour le dernier. Ces résultats restent dans l'intervalle de [0 à 20 RLU] et cela explique l'efficacité de rinçage utilisé.

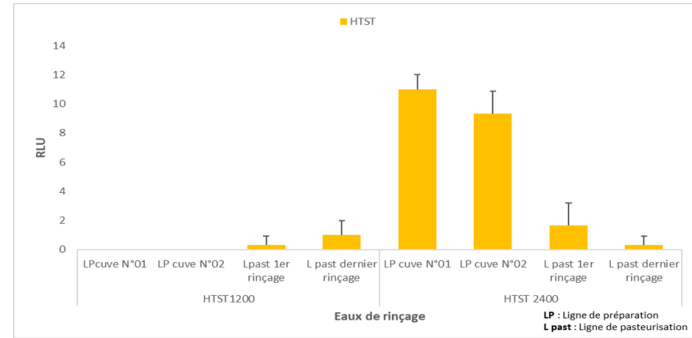


Figure 5 : Résultats ATP-métrie des eaux de rinçage de la HTST durant le nettoyage courant.

*** Nettoyage approfondi**

Les résultats représentés par la figure 6 après un nettoyage approfondi de la HTST, sont négatifs sur tous les points de prélèvement de la HTST 1200 alors que pour la HTST 2400, les résultats sont entre [0 RLU et 5 RLU] dans la ligne de préparation des cuves N°1 et 2 et donne 5 RLU pour le 1^{er} rinçage et 0 RLU pour le dernier dans la ligne de pasteurisation.

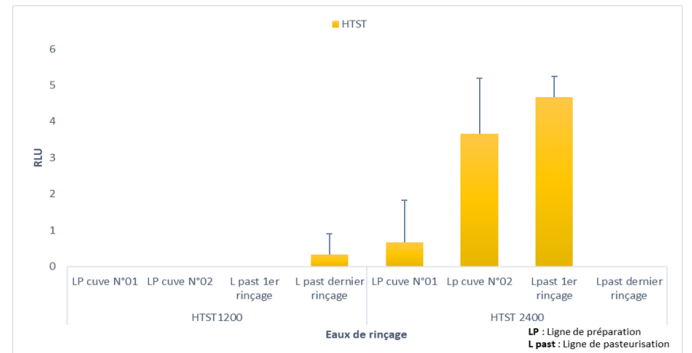


Figure 6 : Résultats de l'ATP-métrie des eaux de rinçage de la HTST durant le nettoyage approfondi.

Les résultats des deux types de nettoyage (nettoyage courant et approfondi) au niveau du HTST 1200 et 2400 sont conformes (0 RLU), ce qui montre que le procédé de nettoyage en place est bien exécuté et efficace selon les résultats trouver par l'ATP-métrie.

b. Cuve de sirop

Les échantillons des eaux de rinçage de nettoyage approfondi et courant analysés par l'ATP-métrie, donné des résultats négatifs (0 RLU), ce qui montre qu'une absence totale de la molécule d'ATP qui peut être origine matière organique (sirop) et/ou microorganismes, et ça prouve que le procédé de nettoyage en place est efficace.

c. Cuve de maturation

Au niveau des cuves de maturation, il y a 3 différents types de nettoyage :

*** Désinfection**

La désinfection au niveau des cuves de maturation représente un point très important dans la démarche de nettoyage car ce point est considéré comme un des CCP les plans importants du produit fini.

Selon les résultats obtenus par l'ATP-métrie effectué sur les eaux de rinçage « premier et dernier rinçage » des cuves de maturation après la désinfection (figure 7), dans lequel utiliser un seul produit qui est l'acide peracétique pour nettoyer, on voit qu'il y a une diminution des valeurs dans le dernier rinçage [ORLU à 18 RLU] par rapport au premier rinçage [8 RLU à 61 RLU].

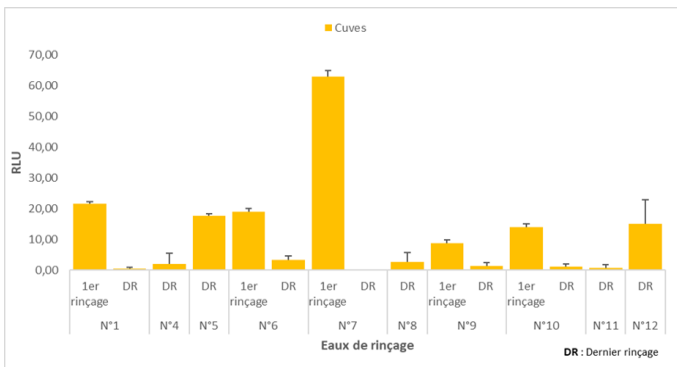


Figure 7 : Résultats de l'ATP-métrie des eaux de rinçage au niveau les cuves de maturation durant la désinfection.

* **Nettoyage courant**

D'après la figure 8, qui représente les résultats de l'ATP-métrie effectué sur les eaux de rinçage « dernier rinçage » des cuves de maturation après le nettoyage courant, dans ce type de nettoyage, deux produits sont utilisés, le premier produit, c'est un détergent alcalin et pour le deuxième, c'est un désinfectant ammonium quaternaire, on remarque que les résultats sont situés entre [0 RLU à 19 RLU]. Ce qui expliqué l'action combiné du détergent et plus désinfectant au niveau de ce point.

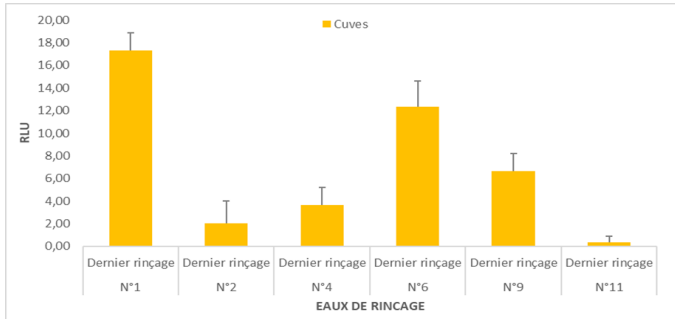


Figure 8 : Résultats de l'ATP-métrie des eaux de rinçage au niveau les cuves de maturation durant le nettoyage courant.

* **Nettoyage approfondi**

Par contre les résultats de ce type de nettoyage (NA) représenter dans la figure 9 utilisant un nettoyage à trois phases (Soude, détergent et à la fin acide purique comme désinfectant), ce type de nettoyage à donner d'excellents résultats (0 RLU à 3 RLU) au niveau des quatre cuves de maturation. Ce type de nettoyage démontre clairement son efficacité surtout en plein saison estivale.

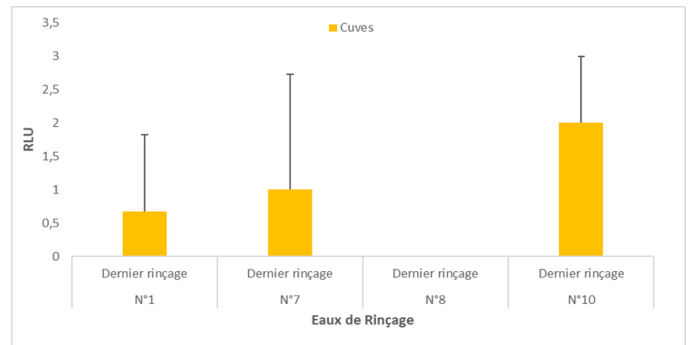


Figure 9 : Résultats de l'ATP-métrie des eaux de rinçage au niveau les cuves de maturation durant le nettoyage approfondi.

Les résultats obtenus durant les 3 nettoyages réalisés au niveau du cuve de maturation sont confirmé on norme, ceci dit que le système de nettoyage mise en place prouve encore une fois son efficacité souvent sur ces points critiques CCP (cuves de maturation) aussi l'important du processus de fabrication car ce point et l'avant dernière étape du conditionnement de produit fini.

d. **Les freezers**

* **Nettoyage courant**

Les résultats de la mesure de l'ATP-métrie démontre clairement que le nettoyage courant du freezer représente par la figure 10, démontrer encore une absence d'ATP (0 RLU) au niveau de tous les freezers à l'exception le freezer N°5 qui est 1 RLU mais toujours conforme aux normes d'appliquer à l'unité.

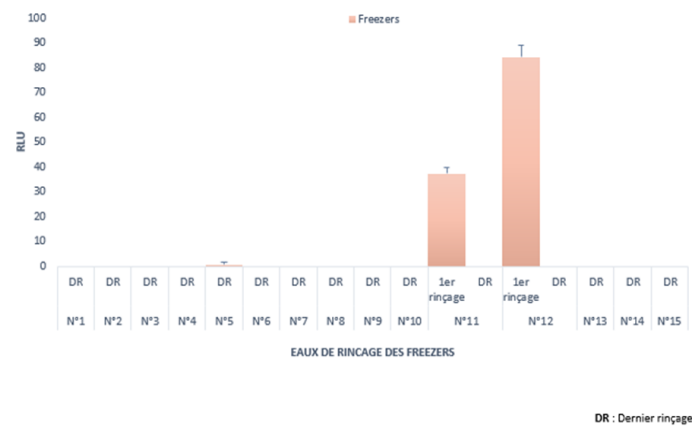


Figure 10 : Résultats de l'ATP-métrie des eaux de rinçage au niveau les cuves de maturation de l'ATP-métrie des eaux de rinçage durant le nettoyage courant au niveau les freezers.

* **Nettoyage approfondi**

Les résultats de nettoyage approfondi qui est mesuré par l'ATP-métrie donnent des résultats entre 0 RLU (dans tous les freezers) à 1 RLU (freezer N°9) (figure 11).

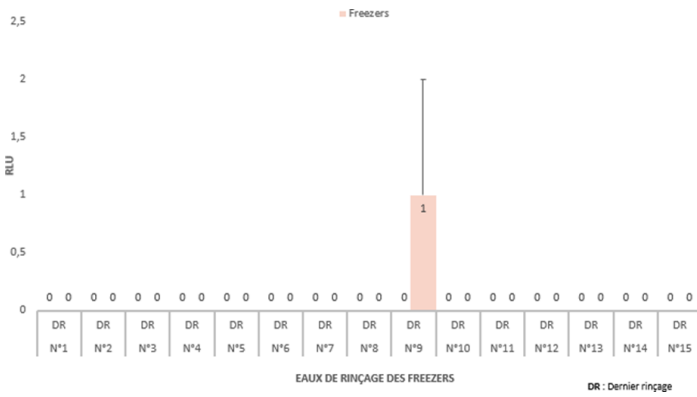


Figure 11 : Résultats de l’ATP-métrie des eaux de rinçage durant le nettoyage approfondi au niveau les freezers.

Il n’y a pas une différence significative entre les résultats de deux types de nettoyage des freezers. Les résultats sont cohérents et conformes, car on remarque une absence de la molécule d’ATP, démontrant que ce dernier a été nettoyé conformément aux principes d’hygiène et respectant toutes les étapes de nettoyage en place.

e. Les conditionneuses

*** Nettoyage courant**

Les résultats de l’ATP-métrie effectué sur les eaux de rinçage « premier et dernier rinçage » de nettoyage courant des conditionneuses représentés dans la figure 12, car RDT3 est la seule machine dans laquelle nous avons prélevé l’eau de rinçage avant et après le nettoyage, on a remarqué une diminution significative car ne passe 17 RLU sur les eaux de rinçage avant le nettoyage à 2 RLU après le nettoyage, cette démontre clairement l’efficacité de ce type de nettoyage. Comme pour les autres conditionneuses, nous n’avons pris l’eau de rinçage qu’après nettoyage, on a remarqué qu’elle nous donnait des notes entre [0 RLU à 1 RLU].

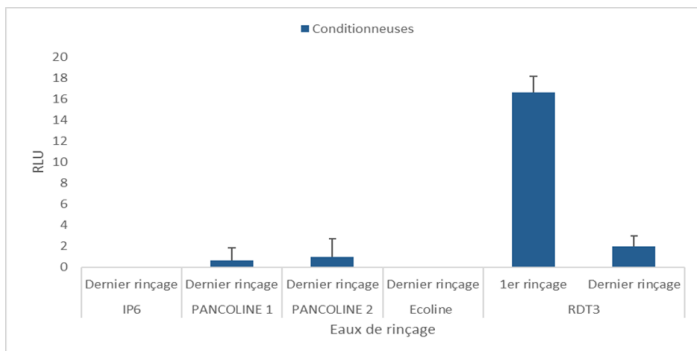


Figure 12 : Résultats de l’ATP-métrie des eaux de rinçage durant nettoyage courant des conditionneuses.

*** Nettoyage approfondi**

Les résultats de la mesure de l’ATP des eaux de dernier rinçage de nettoyage approfondi au niveau des conditionneuses sont des résultats négatifs (ORLU) dans toutes les conditionneuses. Après avoir mesuré l’ATP des conditionneuses pour les deux types de nettoyage, a obtenu des valeurs très basses pour la molécule d’ATP, avec une absence totale dans certaines conditionneuses, sans différence significative entre eux, ce qui indique que la qualité hygiénique est supérieure et prouve l’efficacité de processus de nettoyage au niveau des conditionneuses.

3.3 Surfaces

Les analyses du contenu des écouillons de surfaces « Ultra-Snap » de l’ATP-métrie obtenus à partir des différents types des équipements utilisés « Cuves de maturation, Conditionneuses » ont donné les résultats suivants :

a. Cuves de maturation

*** Désinfection**

Selon la représentation graphique des résultats de l’ATP-métrie effectué sur les surfaces

« couvert, vanne, milieu intérieur » des six cuves de maturation (cuves N° 1, 2, 3, 7, 10, 12) après la désinfection obtenue représentée dans la figure 13, on observe les résultats de couverts des cuves variables entre [0 RLU jusqu’à 25 RLU], tandis que les résultats de vannes se situe entre [0 RLU à 8 RLU], et les résultats de milieu intérieur de différentes cuves sont situent entre [0 RLU à 2 RLU].

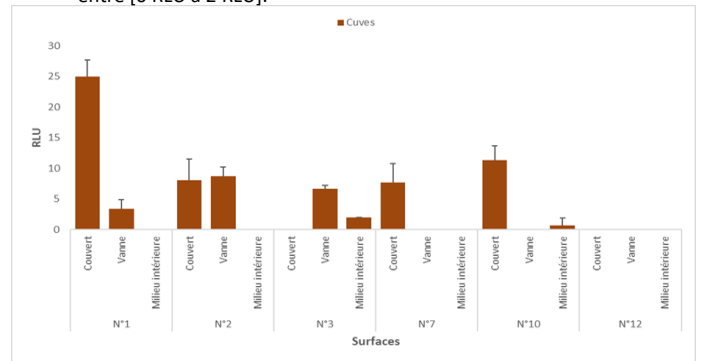


Figure 13 : Résultats de l’ATP-métrie réalisé sur les surfaces de trois différents lieux dans les cuves de maturation durant la désinfection.

*** Nettoyage approfondi**

La figure 14 montre les résultats de nettoyage approfondi des cuves de maturation réalisés par l’ATP-métrie, les résultats représentent trois cuves de maturation (cuves N° 1, 7, 8), en plus il y a les résultats de couvert qui se situent entre [2 RLU à 17 RLU], et pour les résultats de vannes [0 RLU à 12 RLU] pour deux cuves, par contre la cuve N°8 avait des valeurs significativement plus élevées que tous les autres cuves 38 RLU, ce qui explique un manque de l’application de BPH (bon pratique d’hygiène). Quant à la surface intérieure, elle nous a donné des résultats compris entre [0 RLU et 1 RLU].

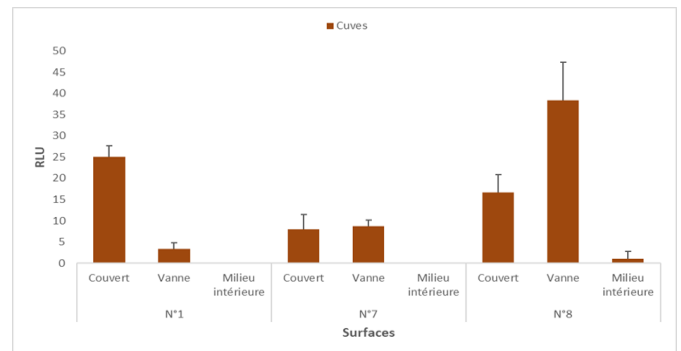


Figure 14 : Résultats de l’ATP-métrie réalisé sur les surfaces de trois différents lieux dans les cuves de maturation durant le nettoyage approfondi.

Pour les deux types de nettoyage (courant et approfondi) au niveau des surfaces des cuves de maturation, il n’y a pas une grande différence car les résultats sont similaires et conformes aux normes, cela indique que le système de nettoyage est efficace et fiable, à l’exception la cuve N°8 donne un résultat plus au moins acceptable.

b. Conditionneuses

Concernant le contrôle des surfaces des conditionneuses, les résultats des prélèvements réalisés avant le démarrage et cela pour vérifier la re-contamination. La figure 15 montrant clairement ses résultats.

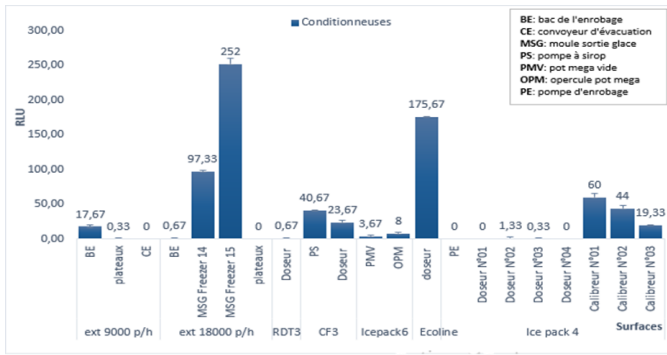


Figure 15 : Résultats de l'ATP-métrie des surfaces des conditionneuses.

Au niveau de l'extrudeuse 9000 p/h, les résultats des trois points des prélèvements, les plateaux, Bac de lancement, convoyeur d'évacuation, on obtient des résultats entre [0 RLU à 16 RLU].

Pour l'extrudeuse 18000 p/h, les quatre points de contrôle sont les plateaux, Bac de lancement, moule de sortie de mix 1, moule de sortie de mix 2, on observe que les résultats sont 0 RLU pour le bac de lancement et les plateaux, mais au niveau du moule de sortie de mix freezer 14 et le moule de sortie de mix freezer 15 leurs résultats sont variée entre 99 RLU et 245 RLU. Pour RDT3, les résultats obtenus au niveau de doseur sont nuls (0 RLU).

Quand la quatrième conditionneuse CF3, les résultats des échantillons prélevés à deux endroits différents, sont de 41 RLU pour la pompe à sirop et 22 RLU pour le doseur.

La cinquième machine Icepack 6 les résultats de l'ATP-métrie dans le pot mega vide est de 2 RLU, et 8 RLU au niveau de l'opercule.

Pour la sixième conditionneuse Ecoline, dans le doseur, et donne le résultat 176 RLU

Et la conditionneuse Icepack4, les sept points pour les prélèvements sont les suivants : pompe d'enrobage ORLU, doseur N°1 ORLU, doseur N°2 2RLU, doseur N°3 ORLU, doseur N°4 ORLU, Calibreur N°1 65RLU, Calibreur N°2 47RLU, Calibreur N°3 19RLU.

Les conditionneuses donnent des résultats variables, il y a des résultats conformes entre 0 RLU à 30 RLU ce prouve le respect des BPH et le système de nettoyage en place, par contre les résultats entre 30 RLU à 50 RLU sont acceptables mais il faut redoubler les efforts pour améliorer ces résultats, concernant les résultats entre 50 RLU à 60 RLU sont inacceptables, ce sera dans le début de la zone dangereuse, les résultats supérieurs à 60 RLU, il faut nettoyer les équipements et suivre et étudier et respecter les différentes phases de système de nettoyage en place et refaire les analyses microbiologiques pour assurer l'efficacité de nettoyage et éviter tout risque de contamination microbienne.

Ces résultats élevés indiquent qu'il y a une présence élevée de l'ATP, à cause de :
Mauvaise utilisation des produits du nettoyage,

Le non-respect du protocole de nettoyage et des facteurs de la procédure TACT,

Présence de re-contamination par les mains de manipulateur,

Présence des résidus de l'aliment (matières organiques) pourrait constituer une source nutritionnelle pour les bactéries et autres agents pathogènes.

3.4 Les méthodes de contrôle classiques

3.4.1 Flore Mésophile Aérobie Totale

Après ensemencement de 5 échantillons (SM) dans les boîtes de Pétri (milieu GN), celles-ci sont incubées à 30 °C pendant 72 h. Telle que cela a déjà été évoqué, l'expérience a été répétée 3 fois pour chaque échantillon et plus d'un témoin, selon le même protocole, afin d'évaluer de façon fiable la qualité des eaux de rinçage, les résultats sont représentés dans la figure 16.

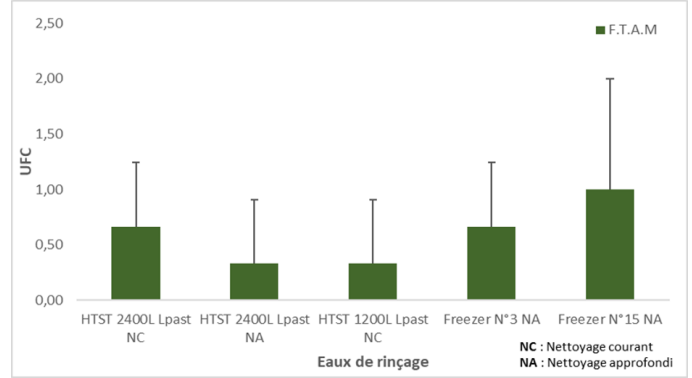


Figure 16 : Résultats de la F.T.A.M des eaux de rinçage durant nettoyage courant et approfondi.

Le groupe F.T.A.M est un bon indicateur de la qualité globale du nettoyage selon AJNFS (2019). Quant à l'eau de rinçage, il n'existe pas de norme internationale ou nationale pour laquelle, chaque entreprise a ses propres normes. Dans Glace Mosta, nos résultats de F.T.A.M sont considérés comme des résultats conformes et satisfaisants, car elle a donné des résultats quasi négatifs (des résultats très faibles) (figure 16), ceci indique que ce dernier a été nettoyé selon les règles d'hygiène (NEP) prenant en compte les facteurs de la procédure TACT.

3.4.2 Coliformes totaux

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux sont basés sur la méthode du nombre le plus probable (NPP) de Mc Grady. Après l'ensemencement d'une série de tubes de BCPL (50 ml, 10 ml, 10 ml), incubés à 37 °C pendant 48 h, on compte le nombre de tubes positifs et on détermine le nombre caractéristique formé de trois chiffres qui est ensuite reporté dans la table de Mc Grady

Le tube est positif en présence de milieux de décoloration et de production de dioxyde de carbone (production de gaz).

Les analyses de coliformes dans les différentes échantillons des eaux de rinçage de différents types de nettoyage « approfondi et courant » donne des résultats négatifs, car il n'y a pas un dégagement de gaz et virage de couleur dans les tubes. Cela reflète que la qualité microbiologique supérieure avec l'efficacité encore une fois du système NEP adapté pour les cuves et les freezers quel que soit le type de nettoyage utilisé (nettoyage courant ou nettoyage approfondi).

3.4.3 La comparaison entre les résultats de l'ATP-métrie et les méthodes classiques

Après avoir les résultats de l'ATP-métrie et les résultats des analyses classiques des F.T.A.M et Coliformes, on remarque que, les résultats de deux méthodes (rapide ou classique) sont conformes et aux normes sans contradiction entre les résultats de deux méthodes, Cela indique que nous pouvons nous fier aux analyses rapides fournies par ATP- métrie car il nous a donné des résultats fiables.

Dans un autre contexte, une étude faite sur l'évaluation de système de nettoyage- désinfection en abattoir par méthode ATP-métrie et méthode classique, démontrent que les résultats de l'ATP-métrie et le dénombrement de la flore totale et sont similaires (BENDEDOUCHE et BENSID, 2009).

Dans une autre étude dans le CENTRE DE VITRY SUR SEINE (2020) en France pour vérifier la propreté des surfaces par utilisation de la méthode d'ATP-métrie et la méthode des boîtes de contacts, pour la comparer entre eux, Ils ont trouvé que les deux méthodes donnent des résultats proches, et Ils ont considéré le luminomètre est plus fiable que la méthode par boîte contact.

Les résultats que nous avons obtenus confirment que la qualité microbiologique est conforme et cela respect des règles d'hygiène et de salubrité dû aux pratiques par l'équipe de l'unité de production.

4. Conclusion

Cette étude entre dans le cadre de notre projet de fin d'études comprend l'efficacité d'un système de nettoyage en place (NEP) au sein d'une unité d'une production des glaces à Mostaganem par exploitation nouvelle méthode simple à utiliser et surtout rapide, donc l'ATP métrie tout en validant l'efficacité de cette méthode par méthodes microbiologiques classiques.

Le travail réaliser se concentre sur le suivi de l'efficacité des méthodes de nettoyage au niveau d'entreprise : nettoyage courant, nettoyage approfondi et désinfection par méthode des analyses l'ATP métrie en sure touch hygina. Les analyses en effectuer par des test AquaSnap pour les eaux de rinçage et UltraSnap pour les surfaces. Le nombre de prélèvements total 100, 50 pour les surfaces et 50 pour les eaux de rinçage.

Au vu des résultats obtenus dans la présente étude, il a été clairement démontré que la différence entre l'analyse classique et ATP métrie représenté dans :

La nature de l'analyse, les analyses classiques se concentrent généralement sur la détection de contaminants spécifique tandis que l'ATP-métrie mesure la quantité d'ATP présente dans un échantillon. L'ATP est une molécule présente dans toutes les cellules vivantes, ce qui en fait un indicateur de la présence de matière organique (y compris les micro-organismes) dans l'environnement.

Dans le contexte industriel le temps joue un rôle important dans la prise de décision, le contrôle classique peuvent nécessiter des jours ou des semaines pour obtenir des résultats, tandis qu'ATP-métrie fournit des résultats quasi instantanés. Les réactions enzymatiques détectent l'ATP se produisent rapidement, ce qui permet d'obtenir des résultats dans quelques minutes ou quelques secondes.

Les méthodes classiques peuvent offrir une meilleure sensibilité et spécificité pour la détection de micro-organismes spécifique. Elles permettent d'identifier précisément les espèces bactériennes que l'ATP-métrie est généralement moins spécifique que les méthodes classiques, car elle détecte toute l'ATP, y compris celui des cellules mortes. Cependant, elle offre une indication générale de la présence de matière organique.

Ainsi l'application, les méthodes classiques sont généralement utilisées dans les laboratoires de microbiologie pour effectuer des analyses plus approfondies, la recherche, ou lorsque des informations précises sur les types de micro-organismes sont nécessaires, alors que l'ATP-métrie est largement utilisée dans l'industrie agroalimentaire et d'autres domaines où la détection rapide de la contamination est essentielle.

L'analyse comparative de l'ATP-métrie aux analyses classiques, a permis d'identifier une certaine complémentarité entre les deux méthodes, ce que les méthodes classiques confirment les analyses ATP-métrie. D'après l'étude que nous avons menée, nous avons démontré que l'ATP-métrie nécessite quelque amélioration pour être plus spécifique. En propose quelques améliorations, la première proposition est la mise en place de normes de validation et de performance pour l'ATP-métrie permettrait de garantir la fiabilité des résultats et d'aplanir la comparaison entre les méthodes et instruments. La deuxième proposition augmenter la capacité de l'ATP-métrie à distinguer entre l'ATP d'origine microbienne (cellules vivantes) et l'ATP d'origine non microbienne (cellules mortes ou matière organique d'origine végétale). Cela aiderait à améliorer la spécificité de la méthode. À travers les résultats de contrôle de nettoyage en place (NEP) obtenue par ATP-métrie en remarquons que le nettoyage approfondi, le nettoyage courante et désinfection utiliser par entreprise est conforme, ce qui confirme que les responsables d'hygiène à unité respectent les normes d'hygiène imposées par l'entreprise.

5. Références:

- **Badr, H. M.,** 2012. Improving the microbial safety of ice cream by gamma irradiation. *Food and Public Health*, 2, 40-49.
- **Benderdouche, B., and Bensid, A,** 2009. ATPmétrie en abattoir de volailles.
- **Clarke, C.,** 2004. Ice cream ingredients. In the science of ice cream (pp. 38e57). *Cambridge: Royal Society of Chemistry Publishing.*
- **Elmilliani, Yosra, Bouadjadj, Fatima Zohra,** 2023. Etude De L'efficacité Du Nettoyage En Place Nep Par L'atp-métrie Au Sein De La Sarl Glaces-Mosta Mostaganem. *Mémoire De Master, Université De Mostaganem, 54p.*
- **El Quali Alami, A. B., S, Maniar, S, Oumokhtar, B,** 2013. Qualité Microbiologique Des Crèmes Glacées Commercialisées Au Centre Du Maroc Et Sensibilité Aux Antibiotiques Des Bactéries Isolées. *Sciencelib Editions Mersenne, 5, 1-10.*
- **Faille, C., Sylla, Y., Le Gentil, C., Benezech, T., Slomianny, C., and Lequette, Y.,** 2010. Viability and surface properties of spores subjected to a cleaning-in-place procedure: consequences on their ability to contaminate surfaces of equipment. *Food Microbiology, 27, 769-776.*
- **Fennema, O., Damodaran, S., and Parkin, K.,** 1996. "Food Chemistry," *CRC Press/Ed.*
- **GBPHR, G. d. b. p. d. l. h. e. l. r.,** 2013. Législation sur les denrées alimentaires et l'hygiène.
- **Genin, G.,** 1967. Les opérations de nettoyage en laiterie. *Le Lait, 47, 633-639.*
- **Goff, H. D., and Hartel, R. W.,** 2004. "Ice-cream and frozen desserts Handbook of Frozen Foods," *CRC Press/Ed.*
- **Hartard, C.,** 2017. Toxi-infections alimentaires collectives : Apport de la norme ISO 15216 pour évaluer le risque lié à la présence de norovirus humains dans les fruits de mer, *Université de Lorraine.*
- **Jeanet, R., Croguennec, T., Mahaut, H., Schuck, P., and Brulé, G.,** 2008. "Fondements physicochimiques de la technologie laitière," *Lavoisier.*
- **JORAn° 17, J. O. d. l. R. A.,** 2017. Décret exécutif du 14 Rajab 1438 correspondant au 11 avril 2017 fixant les conditions d'hygiène et de salubrité lors du processus de mise à la consommation humaine des denrées alimentaires.
- **JOUE n° 852, J. o. d. l. U. e.,** 2004. Rectificatif au règlement (CE) du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires.
- **Khairullah Mohammed, N., Khair, M., Ahmad, N., and Meor Hussin, A. S.,** 2022. Ice cream as functional food: A review of health-promoting ingredients in the frozen dairy products. *Journal of Food Process Engineering, 45.*
- **Kilara, A., and Chandan, R. C.,** 2007. "Ice cream and frozen desserts, handbook of food products manufacturing," *John Wiley and Sons.*
- **Koriba, A., and Kich, A.,** 2018. Recherche d'Escherichia coli et Salmonella spp dans les denrées alimentaires, *Blida.*
- **Lapointe-Vignola, C.,** 2002. "Science et technologie du lait : transformation du lait," *Presses internationales Polytechnique.*
- **Le Petit, L.,** 2020. Développement de méthodologie, conception et validation de détergents/biocides pour le nettoyage en place de membranes polymères de l'industrie laitière, *Rennes 1.*
- **Ludvigsen, H. K.,** 2014. Application of emulsifiers in dairy and ice cream products. *Emulsifiers in Food Technology, 297-308.*
- **McSweeney, P. L., and O'Mahony, J. A.,** 2016. "Advanced dairy chemistry: volume 1B: proteins: applied aspects," *Springer.*
- **Merkus, H. G., and Meesters, G. M. H.,** 2013. "Particulate Products: Tailoring Properties for Optimal Performance," *Springer International Publishing.*

- **Minvielle, B., and Rugraff, Y.**, 1999. Intérêt de l'ATP-métrie pour la validation et l'optimisation du nettoyage-désinfection dans le secteur abattage-découpe. *TECHNIPORC*, 22, 5-10.
- **Mouloudi, F.**, 2013. La qualité hygiénique et microbiologique de la restauration collective : cas de restaurants universitaires d'Oran. Pour l'obtention du diplôme de magister en microbiologie fondamentale et appliquée. *Univ d'Oran, Es-sanja*, p, 39-48.
- **Mouss, L. H.**, 2006. Mettre en place un système de management pour améliorer la qualité par des contrôles des opérations dans l'industrie agroalimentaire, *Université El Hadj Lakhdar Batna*.
- **Ndiaye, A.**, 1992. Étude de l'hygiène de la restauration collective au centre régional des œuvres universitaires de SAINT - LOUIS (CROUS), *Cheikh Anta Diop-Dakar*.
- **Papademas, P., and Bintsis, T.**, 2002. Microbiology of ice cream and related products. *Dairy microbiology handbook–The microbiology of milk and milk products*, 213-260.
- **Patil, A. G., and Banerjee, S.**, 2017. Variants of ice creams and their health effects. *MOJ Food Process. Technol*, 4, 58-64.
- **Patton, S.**, 2017. "Milk: Its remarkable contribution to human health and well-being," *Routledge*.
- **Raman, R. S., and Basavaraj, Y.**, 2019. Quality improvement of capacitors through fishbone and pareto techniques. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8, 2248-2252.
- **Ramos, S., Etxebarria, S., Ciudad, M., Gutierrez, M., San Martin, D., Inarra, B., Olabarrieta, I., Melado-Herreros, A., and Zufia, J.** 2020. Cleaner production strategies for the food industry. In *"The Interaction of Food Industry and Environment"*, pp. 1-34. *Elsevier*.
- **Saulou-Berion, C.** 2009. Évaluation des propriétés anti-adhésives et biocides de films nanocomposites avec inclusions d'argent, déposés sur acier inoxydable par procédé plasma, *Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse*.
- **Schuck, P., Mahaut, M., Jeantet, R., and Brulé, G.** 2000. *"Les produits industriels laitiers," Lavoisier TEC et DOC Editions*.
- **Segall, K., and Goff, H.** 2002. A modified ice cream processing routine that promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. *International Dairy Journal* 12, 1013-1018.
- **SEINE, C. D. V. S.** 2020. Diminuer le temps d'analyse des prélèvements pour mettre les actions correctives en place plus rapidement., 8.
- **Sun-Waterhouse, D., Edmonds, L., Wadhwa, S., and Wibisono, R.** 2013. Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. *Food Research International* 50, 647-656.
- **Sylla, K.** 2000. Contribution à l'étude comparée des conditions de réception, de stockage et de préparation des denrées alimentaires d'origine animale en restauration collective : cas particulier des restaurants du Centre des Œuvres Universitaires de Dakar (COUD)-Sénégal. *Med. Vet., Dakar*.
- **Termoul, Z., and Foularsen, W.** 2018. Effet de la date de conservation sur la qualité nutritionnelle physicochimique et microbiologique des crèmes glacées, *Abdelhamid Ibn Badis - MOSTAGANEM*.
- **Thomas, A., and Sathian, C.** 2014. Cleaning-in-place (CIP) system in dairy plant-review. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol* 8, 41-44.
- **TMSP** 2007. La fonction de restauration à l'hôpital. Série des manuels d'hygiène hospitalière. pp. 64.
- **Tordjman-Valency, L.** 2016. Défi du dénombrement microbien dans l'industrie pharmaceutique : les nouvelles méthodes alternatives sont-elles appliquées. *Sciences pharmaceutiques*. ffdumas01373145f.
- **Van Kleef, E., Van Trijp, H. C., and Luning, P.** 2005. Consumer research in the early stages of new product development: a critical review of methods and techniques. *Food quality and preference* 16, 181-201.
- **Varnam, A. H.** 2012. *"Milk and Milk Products: Technology, chemistry and microbiology," Springer US*.
- **Yamouchene, M., and Ouzaid, I.** 2015. Étude et automatisation d'une station de nettoyage en place. *Université Mouloud Mamari Tizi Ouzou, Faculté de génie électrique et informatique, Sciences et Technologies, Génie électrique, Automatique et Informatique Industrielles*.

Monitoring of water quality: Moving toward dynamic environmental management through electronic platform integration

Mohamed REZKI

Department of Electrical Engineering, Faculty of Sciences and Applied Sciences, Bouira University, Bouira, Algeria.

ABSTRACT

Keywords:

Environmental management, water quality, Electronic platform, Continuous monitoring, Sensors.

Real-time water quality monitoring is now necessary to assist efficient resource management and advance sustainable development in a world where environmental concerns are becoming more and more pressing. In order to improve decision-making in environmental management (with ability of including dam's control), this project intends to investigate the viability and efficacy of using electronic platforms for continuous monitoring of water quality. One of the expected results of this study will be the development of a robust and accurate monitoring system that can deliver data on water quality in real time across a range of underwater environments. A multidisciplinary strategy combining engineering, environmental science, and information technology methods will be used to achieve the main objective of the project. Modern sensors will be used to continuously measure the properties of the water, such as turbidity, temperature, pH, and electrical conductivity, as a first step. The results are promising, as we were able to continuously obtain water quality indices and receive alerts whenever thresholds were exceeded. In summary, by setting proposed a novel and innovative method for monitoring water quality, this work seeks to further our understanding of environmental management and sustainable development. The outcomes will significantly affect political decision-making and the application of more effective and long-term water resource management techniques.

1. INTRODUCTION

Nowadays, concerns regarding water quality are increasingly persistent as we face a series of environmental challenges such as pollution, climate change and the degradation of natural habitats. These issues not only endanger the delicate balance of aquatic ecosystems, but also threaten the safety of our potable water on a global scale (Mishra *et al.*, 2021). Human activities such as rapid urbanization, industrial expansion and intensive agriculture are among the main factors contributing to the increasing presence of pollutants in rivers, lakes and other water bodies, thus straining these fragile systems.

One potentially promising solution is the use of digital platforms to monitor water quality in real time. These tools provide an insight into the complex relationship between human processes and natural ecosystems, enabling stakeholders to obtain the necessary data for quick and effective response. Researchers have frequently referred to online platforms - such as niche websites - as a valuable resource for managing issues such as pollution control and water quality (EPA, 2024). In addition to monitoring, these platforms can also foster environmental awareness, public participation, and improve envi-

ronmental data collection and sharing (Balabanova *et al.*, 2021).

Amid this shift, electronic, sensor-based water quality control systems have emerged. Thanks to technological advancements, these systems have become both practical and powerful tools to preserve water resources (Mohamed Yassin *et al.*, 2020). By integrating sensors, data analytics, and communication networks, these platforms provide continuous updates on critical water quality indicators like turbidity, pH, dissolved oxygen, and the presence of harmful pollutants.

With access to real-time data, both authorities and local communities can detect anomalies ahead of time, allowing them to take early action before they worsen. These electronic systems not only enhance the quality of evidence-based decision-making, but also promote more resilient and sustainable water resource management practices. Relying on advanced communication methods like LoRa, IoT-based alternatives offer a more reliable and proactive substitute compared to traditional, manual sampling techniques (Promput *et al.*, 2023). This paper showcases how low-cost, multi-application IoT platforms can play a key role in monitoring water quality. Two illustrations of multi-application low-cost electronic platforms are provided in the corresponding figure (Fig.1).

Corresponding author.

E-mail address: m.rezki@univ-bouira.dz

Unlike traditional, manual methods—sampling, testing, and investigation by scientists, which are less reliable and offer no early warnings—IoT provides more effective, proactive monitoring. Multi-application systems are a class of affordable yet effective platforms seen in IoT systems, which this paper attempts to thoroughly examine.

Two illustrations of multi-application low-cost electronic platforms are provided in the corresponding figure 1.

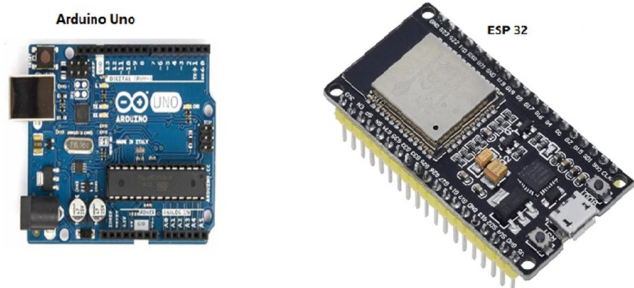


FIGURE.1: Example of an electronic platform «The Arduino Uno & ESP 32».

2. MATERIALS AND METHODS

For this project, we adhered to water quality standards (WHO or local Algerian) to establish benchmarks for the equipment used. WHO standards were preferred, as they are stricter than local ones.

The World Health Organization (WHO) sets strict guidelines to ensure water safety and public health globally. These standards cover microbiological indicators (bacteria, viruses, parasites), chemical indicators (pesticides, heavy metals), and physical markers (turbidity, color) to assess water safety and purity. By following WHO guidelines, communities can secure access to safe, clean water, enhancing health and reducing waterborne disease risks (refer to Table 1).

TABLE 1. Quality standards of some parameters (“WHO”standards,2018).

Parameters	Unit	Standards (WHO)-Median values
pH	-----	6,5-8,5
Antimony	Mg/L	0.005
Arsenic	Mg/L	0.01
Cadmium	Mg/L	0.005
NH4 ⁺	Mg/L	0.2
Nitrate (NO ₃ ⁻)	Mg/L	50 ≤ 1
Turbidity	NTU	5
Temperature	°C	25

Water quality parameters include chemical, physical and biological properties and can be tested or monitored based on the desired water parameters. The physical -chemical parameters contains: temperature, pH, conductivity, total dissolved solids (TDS), turbidity.

The solution to these environmental problems linked to water is to permanently monitor the quality of this water by controlling these physical-chemical parameters via electronic platforms which offer the speed of data transformation, remote control and above all the power to generate alert alarms in time.

We will now move on to an example of the platform, also known as the prototype, after establishing the values that the platform must adhere to in order to prevent our platform from providing unrealistic values. and this is an illustration of a working prototype (Fig.2).

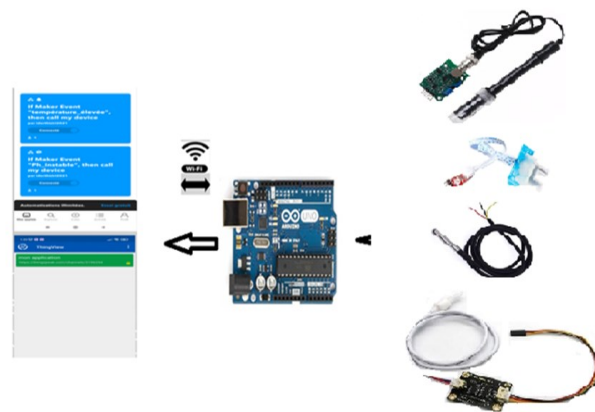


FIGURE.2. Description of a functional electronic platform for monitoring water quality.

As Fig. 2 shows, the sensor is the primary instrument able to detecting a water quality parameter directly. Every sensor has a specific parameter assigned to it.

The following figure (Fig.3) describes the primary sensors employed in the complete circuit -platform- (forum Arduino, 2021). Naturally, the primary use of these sensors can only be to detect chemical and physical properties.

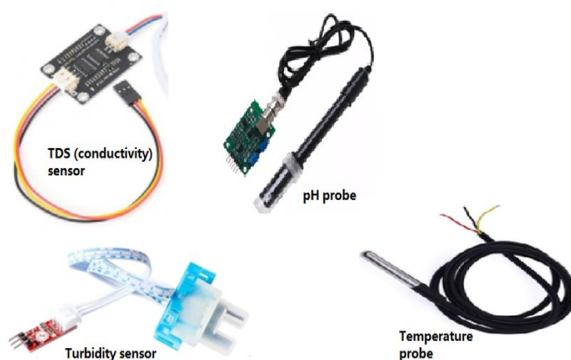


FIGURE 3. Description of the most employed sensors.

In summary, the Arduino-based platform is a simple, open-source development tool using a high-level language derived from “C”. It connects project components, including:

A pH meter, which acts as a voltmeter to measure electrical potential from an acidic solution, allowing pH to be deduced.

A temperature sensor, which is simply a digital display probe (DS18B20) that measures from -55°C to 125°C.

The conductivity sensor, essentially a TDS (Total Dissolved Solids) sensor, measures the solution's ability to carry an electric current, indicating its conductivity. This measurement helps determine water impurities, as TDS reflects the amount of salts and minerals. Depending on the equipment, TDS values range from 0.5 to 0.65 of the conductivity, allowing conductivity to be derived from TDS.

The turbidity sensor measures water turbidity to assess quality by detecting suspended particles. It works by analysing light transmission and scattering, indicating changes in total suspended solids (TSS). The sensor used consumes up to 40 milliamps.

The samples we collected were primarily tap water from various locations, later modified by adding foreign substances to test the robustness of our water quality monitoring platforms.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Offline Measure: The values were taken from the electronic platform without adjustments or tuning and stored as data, see Fig.4.

```

Temps : 0 s, Turbidite : 82 NTU, Temperature : 37 degC, pH : 6.00
Temps : 1 s, Turbidite : 92 NTU, Temperature : 25 degC, pH : 6.00
Temps : 2 s, Turbidite : 28 NTU, Temperature : 22 degC, pH : 9.00
Temps : 3 s, Turbidite : 97 NTU, Temperature : 6 degC, pH : 9.00
Temps : 4 s, Turbidite : 96 NTU, Temperature : 19 degC, pH : 9.00
Temps : 5 s, Turbidite : 14 NTU, Temperature : 17 degC, pH : 9.00
Temps : 6 s, Turbidite : 80 NTU, Temperature : 39 degC, pH : 8.00
Temps : 7 s, Turbidite : 3 NTU, Temperature : 34 degC, pH : 9.00
Temps : 8 s, Turbidite : 68 NTU, Temperature : 31 degC, pH : 8.00
Temps : 9 s, Turbidite : 39 NTU, Temperature : 26 degC, pH : 6.00
Temps : 10 s, Turbidite : 71 NTU, Temperature : 1 degC, pH : 7.00
Temps : 11 s, Turbidite : 4 NTU, Temperature : 3 degC, pH : 9.00
Temps : 12 s, Turbidite : 70 NTU, Temperature : 13 degC, pH : 9.00
Temps : 13 s, Turbidite : 3 NTU, Temperature : 17 degC, pH : 7.00
Temps : 14 s, Turbidite : 77 NTU, Temperature : 32 degC, pH : 6.00
Temps : 15 s, Turbidite : 49 NTU, Temperature : 18 degC, pH : 8.00
Temps : 16 s, Turbidite : 71 NTU, Temperature : 30 degC, pH : 7.00

```

FIGURE 4. Stored data for the first 16 seconds.

An additional hardware architecture provides the information shown in Figure 5.

```

Temps : 0 s, Turbidite : 35 NTU, Temperature : 38 degC, pH : 9.00, Conductivite : 595 µS/cm
Temps : 1 s, Turbidite : 62 NTU, Temperature : 24 degC, pH : 6.00, Conductivite : 371 µS/cm
Temps : 2 s, Turbidite : 47 NTU, Temperature : 9 degC, pH : 9.00, Conductivite : 275 µS/cm
Temps : 3 s, Turbidite : 22 NTU, Temperature : 6 degC, pH : 6.00, Conductivite : 492 µS/cm
Temps : 4 s, Turbidite : 31 NTU, Temperature : 37 degC, pH : 7.00, Conductivite : 266 µS/cm
Temps : 5 s, Turbidite : 91 NTU, Temperature : 40 degC, pH : 7.00, Conductivite : 200 µS/cm
Temps : 6 s, Turbidite : 26 NTU, Temperature : 16 degC, pH : 8.00, Conductivite : 336 µS/cm
Temps : 7 s, Turbidite : 60 NTU, Temperature : 29 degC, pH : 6.00, Conductivite : 205 µS/cm
Temps : 8 s, Turbidite : 29 NTU, Temperature : 13 degC, pH : 7.00, Conductivite : 557 µS/cm
Temps : 9 s, Turbidite : 8 NTU, Temperature : 10 degC, pH : 9.00, Conductivite : 126 µS/cm
Temps : 10 s, Turbidite : 93 NTU, Temperature : 29 degC, pH : 7.00, Conductivite : 621 µS/cm
Temps : 11 s, Turbidite : 23 NTU, Temperature : 18 degC, pH : 9.00, Conductivite : 592 µS/cm
Temps : 12 s, Turbidite : 52 NTU, Temperature : 9 degC, pH : 7.00, Conductivite : 662 µS/cm
Temps : 13 s, Turbidite : 68 NTU, Temperature : 16 degC, pH : 7.00, Conductivite : 990 µS/cm
Temps : 14 s, Turbidite : 3 NTU, Temperature : 36 degC, pH : 9.00, Conductivite : 817 µS/cm
Temps : 15 s, Turbidite : 9 NTU, Temperature : 10 degC, pH : 7.00, Conductivite : 712 µS/cm
Temps : 16 s, Turbidite : 13 NTU, Temperature : 29 degC, pH : 6.00, Conductivite : 689 µS/cm
Temps : 17 s, Turbidite : 49 NTU, Temperature : 31 degC, pH : 8.00, Conductivite : 914 µS/cm
Temps : 18 s, Turbidite : 89 NTU, Temperature : 13 degC, pH : 8.00, Conductivite : 278 µS/cm

```

FIGURE 5. Stored data via another platform

These data (Figs. 4 and 5) demonstrate that while this platform has to be tuned—which has been done and is perfectly normal—it functions more effectively. To validate the results obtained through electronic platforms, we used reliable commercial devices (see Figure 6). These platforms also enabled us to calibrate the sensors at the beginning of the experiments.



FIGURE 6. Reference devices for sensor calibration and results comparison

3.2. Online Measure:

The information is automatically transferred to a cloud service, which

enables it to be supplied to a phone or through the internet. The benefit of this is that we can view the actual values of our characteristics—the attributes that represent the quality of the water—every second. An illustration of this data is shown in the Fig.7 below.

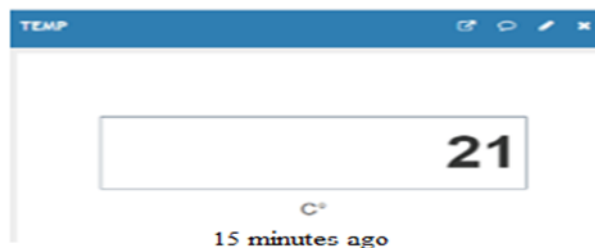


FIGURE 7. Data sent to cloud service

4. Conclusion

In summary, by setting proposed a novel and innovative method for monitoring water quality, this work seeks to further our understanding of environmental management and sustainable development. The outcomes will significantly affect political decision-making and the application of more effective and long-term water resource management techniques. The electronic platform developed allows the measurement and transmission of certain water quality parameters in order to establish an initial idea of the potability of the measured water. This work can be improved by adding other such as adding other sensors.

5. References

- Awewomom, J., Dzeble, F., Takyi, Y.D., Ashie, W.B., Yaw Osei Ettey, E.N., Afua, P.E., N. A. Sackey, L.N.A., Opoku, F., Akoto, O. 2024. Addressing global environmental pollution using environmental control techniques: a focus on environmental policy and preventive environmental management. *Discover Environment* 2:8, 1-20.
- Balabanova, A. and Al. 2021. Using digital platforms for environmental management. *E3S Web of Conferences* 244:07006, 1-8.
- Bolan, S. and Al. 2024. Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of the Total Environment* 909:168388, 1-22.
- Epa "United States Environmental Protection Agency" 2024. Water Quality Data. Retrieved June 12, 2024, from <https://www.epa.gov/waterdata/water-quality-data>.
- Forum Arduino 2021. Water Quality Monitoring Device (Prototype). Retrieved March 5, 2024, from <https://community.blynk.cc/t/water-quality-monitoring-device-prototype/53868/1>.
- Mishra, B.K., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., and Gautam, J. 2021. Water Security in a Changing Environment: Concept, Challenges and Solutions. *Water MDPI* 13:490, 1-21.
- Mohd Yasin, S. N. T., Mohd Yunus, M.F., Abdul Wahab, N.B. 2020. The development of water quality monitoring system using internet of things. *Journal of Educational and Learning Studies* 3:1, 14-20.
- Prompt, S. and Al. 2023. Design and Analysis Performance of IoT-Based Water Quality monitoring System using LoRa Technology. *TEM Journal* 12:1, 29-35.
- World Health Organization 2018. A Global Overview Of National Regulations And Standards For Drinking-Water Quality. *Geneva: World Health Organization*. Retrieved February 9, 2024, from <https://Apps.Who.Int/Iris/Handle/10665/272345>.

Analyse comparative de la farine de boulangerie de deux entreprises dans la wilaya de Chlef.

SAIDANE Zohra¹, BELAIDAKIL Aya², LABDI Radhia²

¹Laboratoire de biotechnologie appliquée à l'agriculture et à la préservation de l'environnement. École supérieure d'agronomie de Mostaganem.

²Laboratoire des sciences et techniques de production animale LSTPA. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Abdelhamid Ibn Badis 2700, Mostaganem Algeria.

R É S U M É :

Mots clés :

blé tendre, farine, analyses physico-chimiques, analyse comparative, wilaya de Chlef,

Les céréales jouent un rôle fondamental dans notre alimentation, car elles couvrent une grande partie de nos besoins en protéines. L'une des principales céréales est le blé tendre. Il s'agit d'une plante annuelle appartenant au genre *Triticum*, caractérisée par un grain relativement friable, ce qui lui confère une excellente aptitude à être transformé en farine. Dans le cadre de cette étude, la farine a été fabriquée à partir du blé tendre à l'unité des moulins dans la wilaya de Chlef. Après un certain nombre d'analyses physico-chimiques qui nous ont permis de contrôler la qualité du blé à utiliser, telles que l'humidité, la teneur en cendres, le test à l'alvéographe de Chopin, l'indice de chute et la teneur en affleurement. Les résultats obtenus pour le contrôle de l'humidité varient entre 11,51% et 14,02%, tandis que la teneur en cendres se situe entre 0,57% et 0,64%. Pour la qualité rhéologique des farines, les analyses effectuées par l'alvéographe sont instables par rapport aux normes algériennes. L'indice de chute montre des résultats de 400 et 277, alors que pour le taux d'affleurement sont compris entre 70 et 80%, ce qui montre que la farine obtenue est panifiable. Il ressort des résultats acquis que les farines étudiées pour les deux entreprises ont des caractéristiques très proches et sont globalement conformes aux normes algériennes.

1. INTRODUCTION

Les produits céréaliers sont essentiels dans l'alimentation mondiale, fournissant une grande partie des protéines nécessaires à l'homme. Les céréales, notamment le blé, l'orge, le maïs et le riz, représentent une part significative de l'apport protéique mondial, fournissant 57 % des protéines consommées, par rapport aux 23 % provenant des tubercules et des légumineuses, et aux 20 % des produits d'origine animale (Dronne, 2018).

Le blé détient une place prépondérante dans la production mondiale de céréales, avec environ 40 % de la production totale (Laala *et al.*, 2009). Son importance nutritionnelle et économique est considérable, avec une production et une consommation moyenne presque quadruplées depuis 1945, passant de 140 à 570 millions de tonnes.

Le Maghreb, en particulier l'Algérie, est l'un des plus grands importateurs mondiaux de blé (Ammar, 2014). Les céréales, notamment le blé dur et le blé tendre, représentent une part importante de l'alimentation des algériens,

fournissant plus de 60 % de leur apport calorique. Selon le PAM (2022) la consommation moyenne de blé par habitant en Algérie est évaluée à plus de 220 kg/an, d'où un besoin total de 88 millions de quintaux pour une population de 44 millions d'habitants. Les habitudes alimentaires locales, telles que la consommation de pâtes, de couscous, de pain et de fric, en font de grands consommateurs.

Notre travail a pour objet d'évaluer la qualité physico-chimique des farines de blé tendre de deux entreprises, en utilisant un certain nombre de tests de qualité des farines pour permettre d'orienter l'utilisation de ces différents types de farines sur la base, entre autres, des résultats de l'alvéographie.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2-1. Protocole de l'approche expérimentale

L'objectif de cette étude est de vérifier la qualité de la farine boulangère en comparant les produits des deux entreprises. La première étape de cette recherche consiste à établir un état des lieux et à vérifier chaque étape du processus de production, de la réception du blé à la production de la farine.

*Corresponding author.

E-mail address: .z.saidane@esa-mosta.dz

Dans un deuxième temps, des échantillons de farine sont prélevés et soumis à des tests approfondis en laboratoire de chaque entreprise. Ces tests comprennent la granulométrie pour s'assurer de l'homogénéité de la texture, le taux d'humidité pour éviter la détérioration, le taux de cendres, le test de l'alvéographe de Chopin, la granulation et l'indice de chute. L'étude couvre la période allant de la mi-mars au 20 mai 2024.

2-2. Présentation des deux entreprises de production

La première entreprise qui est tenue à l'anonymat, est nommée E1 (figure 1). Cette entreprise a été créée en 1998. Elle est spécialisée dans la production de "farine, semoule et aliments de bétail" et est située à Chettia dans la Wilaya de Chlef (Algérie). Lors de son démarrage en juin 2000, la société produisait plusieurs types de farine (T45, T55) à partir de blé tendre local et de blé importé d'Europe.

La minoterie couvre une superficie totale de 2,5 hectares et est équipée de matériel de marque GOLFITO (Italie)/DENIS (France). L'entreprise E1 s'approvisionne en matières premières auprès de CCLS/OAIS, et dispose d'un certain nombre de machines et d'équipements, ainsi que d'un laboratoire de contrôle de la production. L'entreprise dispose de cinq étages contenant des équipements de production, des silos de stockage de blé tendre, dont six silos métalliques et six autres pour le stockage du produit fini. La minoterie emploie 65 personnes, en plus des techniciens et des cadres de l'entreprise.

La deuxième entreprise, E2 (figure 1), est située à Abiod dans la wilaya de Chlef (Algérie). Elle a été créée en 1999 en tant que micro-entreprise opérant dans le secteur du blé "farine, semoule, produits céréaliers (fabrication, commerce, meunerie)". Après un peu plus d'un an d'activité, elle a démarré avec une capacité de production de 150 tonnes/jour et un effectif de 40 employés, pour atteindre aujourd'hui une capacité de 300 tonnes/jour et un effectif de 100 à 300 employés. L'entreprise E2 s'est imposée comme le leader du marché algérien des produits céréaliers et est passée d'une petite entreprise familiale à un groupe industriel et financier très diversifié.



FIGURE 1. Localisation satellite des deux entreprises expérimentales (E1, E2).

(Source : <https://www.google.com/maps/place/Grands+moulins/>)

2-3. Présentation de la ligne de production de farine

Le processus de transformation du blé tendre en farine pour les deux entreprises suit plusieurs phases (figure 2), de la réception du blé à l'obtention de la farine. L'entreprise reçoit le blé tendre de la CCLS de Ténès (W. Chlef) par camion, puis le camion est pesé avant que le produit ne soit testé. Des échantillons sont prélevés pour analyse afin de déterminer la qualité du blé et ainsi décider de l'accepter ou de le refuser. Une fois le blé tendre accepté après analyse, il est stocké dans six silos à température ambiante. Chaque silo a une capacité de 90 tonnes. Après le stockage, le blé tendre quitte le silo pour être pesé et classé. Après la pesée, le blé est nettoyé par un certain nombre de dispositifs, tels que le limon, qui élimine les métaux lourds, la pierre, qui élimine les cailloux, et le séparateur, qui élimine tous les corps étrangers et la paille. Vient ensuite une étape de mouillage. Il s'agit d'ajouter de l'eau en deux temps. Dans un premier temps, on ajoute de l'eau en quantité définie (10T/h) pour que le taux d'humidité du grain ne dépasse pas 16% et on laisse reposer pendant 18 heures pour faciliter la séparation entre l'enveloppe et le grain. Deuxièmement, une variété de blé très dure nécessite l'ajout d'eau pour séparer le grain de l'enveloppe pendant 6 heures. Il est laissé dans les silos et ne se dessèche pas.

Le blé local et le blé importé y sont mélangés pour produire une farine de haute qualité. Les grains de blé sont écrasés par des rouleaux qui les désagrègent. Le produit broyé passe dans le planichter 2, équipé de 27 tamis, par un système d'aspiration. Le produit passe à travers les tamis en fonction de sa taille. Un convertisseur réduit le grain de blé en particules de plus en plus fines. Enfin, la farine est conditionnée en petits paquets de 50 kg pour la farine T55, 10 kg et 1 kg pour la farine T45, puis transportée par camion pour être commercialisée dans les commerces et les boulangeries.

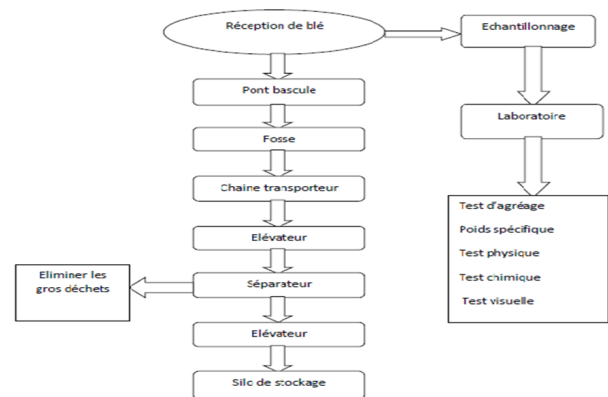


FIGURE 2. Présentation combinée de la chaîne de production de farine pour les deux entreprises testées.

2.4. Analyses physico-chimiques

Pour que les résultats soient fidèles et crédibles, il est important que le laboratoire reçoive un échantillon réellement représentatif, non endommagé ou altéré pendant le transport et le stockage.

2-4-1. Détermination de la teneur en eau

Il s'agit de sécher le produit à une température comprise entre 130°C et 133°C (ISO 712, 1998), à la pression atmosphérique normale, après un éventuel broyage du produit. Le nombre de déterminations est de deux par échantillon de laboratoire. La teneur en eau, exprimée en pourcentage de la masse du produit, est calculée selon la formule suivante :

$$TH = (m_0 - m_1 / m_0) * 100$$

* m_0 : la masse, de prise d'essai (g)

* m_1 : la masse, de prise d'essai après l'étuvage (g).

2-4-2. Détermination du taux de cendre

Incineration d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète de la matière organique, suivie de la pesée du résidu obtenu. Ce résidu est floconneux après une incinération à 550°C et vérifié après une incinération à 900°C. D'une manière générale, les produits contenant des sels (chlorure de sodium, pyrophosphate, par exemple) doivent être incinérés entre 550°C et 510°C (ISO 2171, 2007). Le taux de cendres (TC), en fraction massique par rapport à la matière sèche exprimé en pourcentage, est donné par l'équation suivante :

$$TC = (m_2 - m_1) / m_0 * 100 / 100H$$

* m_0 : la masse, en gramme de la prise d'essai.

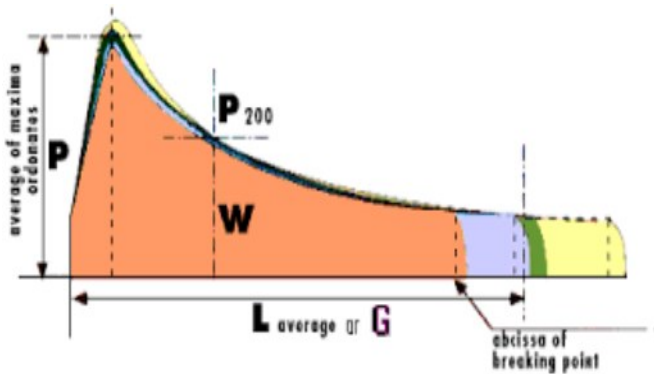
* m_1 : la masse en gramme de la capsule d'incinération.

* m_2 : la masse en gramme de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération.

* H : la teneur en eau, en pourcentage par masse, de l'échantillon.

2-4-3. Détermination de la force boulangère par l'alvéographe chopin

La méthode consiste à faire passer progressivement sous l'influence d'un courant d'air, un fragment de pâte de masse sous forme de disque de l'état compte à celui d'une membrane mince, jusqu'à la limite naturelle de l'extension de la pâte où se produit un orifice de rupture (ISO 27971, 2008). L'enregistrement d'une courbe (figure 3) sur un cylindre enregistreur, permet d'apprécier la caractéristique boulangère de la farine, d'après la grandeur, la forme des courbes et le volume de la bulle au moment de la rupture



P : ténacité (pression maximum nécessaire à la déformation).
 L (ou G) : extensibilité (longueur de la courbe).
 W : force boulangère (surface de la courbe).
 P/L : rapport de configuration de la courbe.
 P : pression au point de rupture.

FIGURE 3. Courbe alvéographique avec indication des différents paramètres mesurés (Roussel et Chiron, 2005).

2-4-4. Détermination de l'indice de chute de Hagberb

L'indice de chute est une technique basée sur la viscosité d'un gel d'amidon (pour déterminer l'activité de l' α -amylase dans le blé), obtenu à partir d'environ 7 grammes de farine (la prise d'essai dépend de la teneur en eau de la farine). 25 ml d'eau sont ajoutés à ce mélange, qui est introduit dans un tube à essai immergé dans un bain-marie. Le temps de chute d'un piston au fond de l'éprouvette est mesuré en secondes.

2-5. Détermination de granulométrie ou taux d'affleurement

La détermination du taux d'affleurement (TA) est réalisée à l'aide d'un plansichter possédant un tamis à 155 μ d'ouverture des mailles (JORA, 1997). Le taux d'affleurement est la quantité de farine ou de semoule extraite ou refusée par un tamis dont l'ouverture de maille est choisie en fonction de finesse du produit à analyser. La formule de calcul du taux d'affleurement est exprimée en pourcentage, est calculée selon la formule suivante :

$$TA = (m1/m0) * 100$$

* $m0$: la masse, en gramme de l'échantillon à analyser.

* $m1$: la masse, en gramme de la quantité de farine ou de semoule extraite ou refusée.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3-1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau de la farine est un paramètre important à déterminer, car la réalisation des tests technologiques tel que l'essai à l'alvéographe Chopin et la précision des divers résultats analytiques exigent sa détermination. Elle est exprimée par rapport à la matière sèche.

Les valeurs d'humidité des deux farines (figure 4) sont les suivantes : La farine de boulangerie de l'entreprise (E1) est de 11,51% et la farine de boulangerie de l'entreprise (E2) est de 14,02% de la matière sèche. La valeur obtenue pour E2 se situe entre 13 et 16 %, tandis que la farine obtenue à partir de E1 se situe en dehors de cette fourchette. La teneur en eau des farines analysées pour E2 est conforme à la norme et offre de bonnes propriétés de pétrissage. Ces résultats permettent de tirer des conclusions sur la conservation.

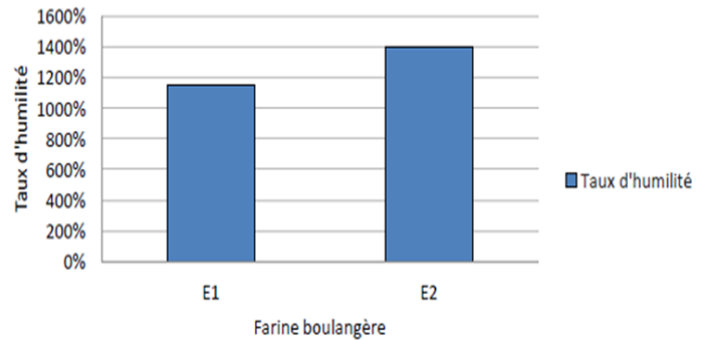


FIGURE 4. Taux d'humidité de la farine boulangère des deux entreprises.

Farine de boulangerie de l'entreprise (E1)

Farine de boulangerie de l'entreprise (E2)

3-2. Détermination du taux de cendre

La mesure du taux de cendre a un intérêt essentiellement réglementaire et permet de classer les farines selon leur degré de pureté (ICTF, 2002). D'après Feuillet (2000), les meuniers utilisent la teneur en cendre afin de déterminer le taux d'extraction et de régler convenablement leur moulin.

Les résultats des analyses (figure 5) montrent que la farine de E1 présente une teneur en cendres de 0,55% et celle de E2 de 0,67%, toutes deux comprises dans la fourchette de 0,56 à 0,67 indiquée par Calvel (1984). La farine E1 est donc une farine panifiable de type 55, tandis que la farine E2 est une farine de type 65 utilisée pour les pains spéciaux.

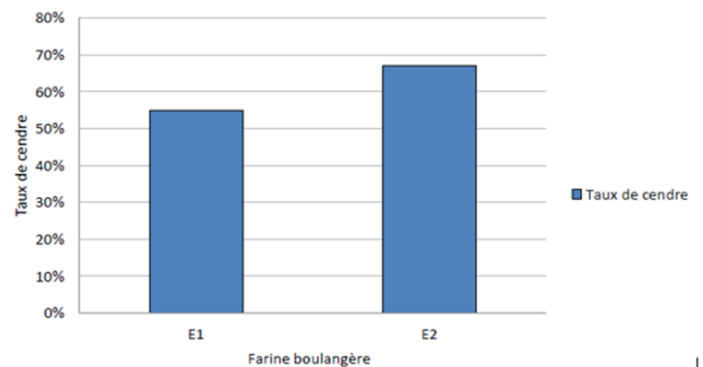


FIGURE 5. Taux de cendre de la farine boulangère.

Farine de boulangerie de l'entreprise (E1)

Farine de boulangerie de l'entreprise (E2)

3-3. Essai à l'alvéographe de Chopin

Les résultats de l'essai à l'alvéographe sont regroupés dans le tableau 1, de ce tableau il en ressort que :

Les valeurs de la force boulangère de la farine testée de E1 et de E2, sont 281.97 et 187 respectivement, sont non conformes à la norme du (JORA, 1991) qui est entre 130 et 180. Selon Feillet (2000), la variabilité de la force boulangère s'explique par la teneur en gliadines et gluténines, et la disponibilité de certains acides aminés(cystéine), qui fournissent des ponts disulfures intramoléculaires par lesquels les gliadines sont liées, réduisant ainsi les fortes interactions intramoléculaires.

L'indice de gonflement de la farine de E1 sont de 19,44cm³, ce qui est inférieur à la norme. En revanche, les valeurs de la farine de E2, avec 20,8cm³, sont conformes à la norme citée dans (JORA, 1991), qui est ≥20.

L'indice de gonflement est un indicateur de qualité servant à la fois à évaluer la capacité du réseau de gluten à retenir le dioxyde de carbone dans la pâte et à fournir des informations sur l'extensibilité de celle-ci. La baisse légère de l'indice de gonflement constatée pour E1 peut donc révéler l'absence de protéines de gluten dans les farines testées. Selon Roussel et Chiron (2005), les farines dont les valeurs sont inférieures à 20cm³ sont insuffisantes pour une bonne panification.

Le rapport P/L reflète l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité des pâtes formées, et donc l'équilibre global de l'alvéographe. Les résultats du rapport P/L des farines analysées varient entre 0,67 et 1,2. Conformément à JORA (1991), le rapport P/L des deux farines est supérieur à la norme (0,45 à 0,65). Pour Frate et Stéphane (2005), ce déséquilibre est lié à la quantité importante de protéines dans la fraction gliadine par rapport à la gluténine, qui est influencée par des facteurs agronomiques et climatiques au moment de l'accumulation des réserves protéiques dans les grains. Il en va de même pour la texture plus molle de l'albumen ou la faible teneur en pentosane.

L'extensibilité de la farine diminue lorsque l'hydratation est faible (76,25 pour E1). Toutes ces observations nous amènent à penser que de telles farines, qui ont une forte ténacité, un faible gonflement et un rapport P/L supérieur à 1, laissent présager des pâtes peu volumineuses, d'où la nécessité d'augmenter la teneur en eau et éventuellement d'améliorer les farines en pentosanes (Danklou, 2005).

TABLEAU 1. Force boulangère de la farine boulangère des deux entreprises E1 et E2.

Type de farine	Force boulangère	Gonflement	Rapport P/L	Extensibilité
Farine E1	231,97	19,44	1,2	76,25
Farine E2	187	20,8	0,67	87

3-4. Indice de chute de Hagberg (ICH)

La mesure de la force du gluten (figure 6) est de 400 pour la farine de E1, qui est donc hypo-amylasique contre 277 pour E2, qui est une farine dont l'activité amylasique est équilibrée. En effet, un ICH inférieur à 220 est lié à une qualité boulangère médiocre en raison de la présence d'une activité amylasique et d'une dégradation de l'amidon. Dès lors, le rejet des grains altérés est important afin de ne pas contaminer les cellules de blé meunier conformes (ISO 690).

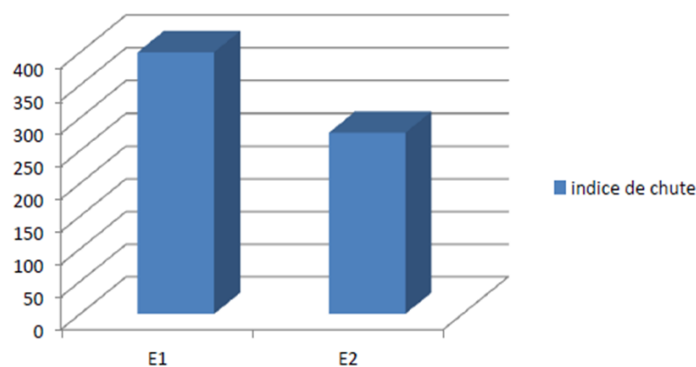


FIGURE 6. Indice de chute de la farine boulangère des deux entreprises expérimentées.

Farine de boulangerie de l'entreprise (E1)

Farine de boulangerie de l'entreprise (E2)

3-5. Taux d'affleurement

La granulométrie d'une farine caractérise la distribution en taille et en nombre des particules qui la composent ; le comportement des farines lors de la transformation, et notamment la vitesse d'hydratation, en dépend (Feillet, 2000). Pour une farine ordinaire, le taux de rejet sur un tamis à mailles (160µm, 180µm, 200µm), dont les résultats sont présentés dans le tableau 2. Le taux d'affleurement sur un tamis à maille (180µm, 200µm) pour les farines des deux entreprises (E1 et E2) était inférieur à 10%, ce qui est conforme à la norme (AFNOR, 1982). Par contre, nous avons constaté que les farines avaient un taux d'affleurement de 17 sur un tamis à mailles (160µm), ce qui est supérieur à la norme. En effet, pour Colas (1991), en boulangerie, la quantité d'eau absorbée par le produit et le taux d'absorption augmentent avec la finesse des particules. Cette augmentation est généralement associée à une augmentation du taux d'amidon endommagé, qui est liée à l'indice de chute, montrant une corrélation entre ce dernier et le taux d'affleurement.

TABLEAU 2. Taux d'affleurement (%) de la farine boulangère des deux entreprises E1 et E2 en fonction des mails des tamis.

Tamis à mailles (µm)	200 µm	180 µm	160 µm	Extrait (%)
Type de farine				
Farine de l'entreprise (E1)	09 (%)	04 (%)	17 (%)	70 (%)
Farine de l'entreprise (E2)	01 (%)	02 (%)	17 (%)	80 (%)

4. CONCLUSION

La production de farine nécessite des analyses physico-chimiques et technologiques spécifiques pour contrôler la qualité du blé tendre à utiliser. Sur la base des résultats obtenus pour les différentes analyses effectuées sur le blé tendre et la farine fabriquée, telles que : humidité, teneur en cendres, test à l'alvéographe de Chopin, indice de chute et teneur en affleurement. Pour le contrôle de l'humidité, les résultats obtenus durant notre stage en cette année 2024 varient entre 11,51 % et 14,02 %, respectant ainsi les normes (H < 16,20%). La teneur en cendres se situe entre 0,57% et 0,64%, ce qui est conforme aux normes (0,56% - 0,67%).

Ce résultat est dû à une bonne maîtrise du diagramme de mouture. Pour la qualité rhéologique des farines, les analyses effectuées par l'alvéographe sont instables par rapport aux normes algériennes. Ceci est dû à la non-homogénéité des blés livrés par l'organisme de stockage (CCLS). L'indice de chute, qui montre l'effet des enzymes alpha-amylases sur les granules d'amidon dans la farine, les résultats obtenus sont de 400 et 277, ce qui indique l'absence de l'enzyme alpha-amylase. Les résultats obtenus pour le taux d'affleurement sont compris entre 70 et 80%, ce qui montre une bonne maîtrise du diagramme de mouture c'est-à-dire que la farine obtenue est panifiable.

5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Ammar, M. 2014.** Organisation De La Chaine Logistique Dans La Filière Céréales En Algérie : Etat Des Lieux Et Perspectives. Mémoire Master Of Science : *Ciham-iamm, Montpellier, 121 p.* Master Of Science : Professionnel, N. 897. Master Soutenu.
- **Calval, R. 1984.** Que Sais-je ? Le Pain. *Presse Universitaire De France, 126 p.*
- **Danklou. 2005.** Nouvelle Récolte De Blé Suivi Des Tests De Panification Et Formulation Enzymatiques. *Rapport De Stage. Isa Groupe.*
- **Dronne, Y. 2018.** Les Matières Premières Agricoles Pour L'alimentation Humaine Et Animale : L'UE et La France. *Inrae Productions Animales, 31 (3), 181-200.*
- **Eillet, P. 2000.** Le Grain De Blé. *Inra, Paris, pp. 17-43*
Feillet, P. 2000. Le Grain De Blé Composition Et Utilisation. *Inra, Paris, 308 p.*
- **Jora. 1997.** *Journal Officiel De La République Algérienne* N° 55 Du 17 Rabie Ethani 1418 Correspondant Au 20 Août 1997.
- **Ictf. Institut Technique Des Céréales Et Des Fourrages. 2002.** Blé Tendre, Marché, Débouchés, Techniques Culturelles, Récolte Et Conservation. *ISBN : EAN : 978-2-86492-520-0, pp. 70*
- **Iso 690 2018.** Allouche, F., Spiteri, M., Leccia, F., Oddos, S., & Birlouez-Aragon, I. 2018. La Mesure De L'indice De Chute De Hagberg En 1 Min Par Fluorescence.
- **Laala, Z., Oulmi, A., Saraoui, T., Haddad, L., Nouar, H., Benmahammed, A., & Bouzerzour, H. 2009.** Effet De La Sélection De La Biomasse Et Des Epis Sur Le Rendement Du Blé Dur Triticum Durum Desf Sous Conditions Semi-arides.
- **NF EN ISO 712. 1998.** *Détermination De La Teneur En Eau*
- **NF EN ISO 2171. 2007.** *Dosage Du Taux De Cendres Par Incinération*
- **NF EN ISO 27971. 2008.** *Détermination Des Propriétés Alvéographiques D'une Pâte A Hydratation Constante De Farine Industrielle Ou D'essai Et Méthodologie Pour La Mouture D'essai*
- **Roussel, P., & Chiron, H. 2005.** Les Pains Français : Evolution, Qualité, Production. *Science Et Technologie Des Métiers De Bouche, ISSM 1297-2606 .*



ISSN 2773-4099
WWW.UNIV-MOSTA.DZ/FSNV