

Valorisation des levures résiduelles issues de la vinification dans le contexte de l'économie circulaire et du changement climatique

Ana Chioru

Faculté de Technologie alimentaire,
Université Technique de Moldavie
Chisinau, République de Moldavie
ORCID : 0000-0002-0056-5939

Aurica Chirsanova

Faculté de Technologie alimentaire,
Université Technique de Moldavie
Chisinau, République de Moldavie
ORCID : 0000-0002-1172-9900

Alexandru Nistiriuc

Faculté de Technologie alimentaire,
Université Technique de Moldavie
Chisinau, République de Moldavie
ORCID : 0000-0003-0709-2393

Alina Boistean

Faculté de Technologie alimentaire,
Université Technique de Moldavie
Chisinau, République de Moldavie
ORCID : 0000-0002-5374-5853

Résumé— L'industrie vitivinicole génère des quantités importantes de résidus organiques à chaque étape de la production, y compris des levures résiduelles. Celles-ci, issues des processus de fermentation et de décantation, représentent une ressource précieuse, mais souvent inutilisée. Dans le contexte de l'économie circulaire, ces déchets peuvent devenir des matières premières pour de nouveaux produits, contribuant ainsi à réduire l'impact écologique du processus de vinification. L'article vise à explorer le potentiel des lies résiduelles encourager l'adoption de ces pratiques par les industries concernées. Ce travail s'inscrit dans une vision systémique où les déchets deviennent des leviers pour un développement économique et écologique responsable, essentiel pour relever les défis climatiques actuels.

Mots-clés— vinification, levures résiduelles, économie circulaire, valorisation

I. INTRODUCTION

Le changement climatique est une réalité à laquelle l'humanité doit répondre de toute urgence dans de nombreux secteurs. Cependant, les initiatives politiques actuelles à l'échelle mondiale ne suffisent pas à provoquer un changement significatif visant à protéger le climat et à soutenir la durabilité. Dans le contexte du changement climatique, l'agriculture et la viticulture contribuent également aux émissions de gaz à effet de serre et à la pollution de l'environnement. Mais il existe un potentiel d'atténuation de ces émissions, car les sols peuvent présenter d'importantes capacités de stockage de carbone. Dans le même temps, il est important de reconnaître que la filière Vigne et vin doit réduire son empreinte environnementale bien au-delà de ses simples pratiques de culture, notamment à travers les processus de transformation de la matière première, l'emballage, la logistique et bien d'autres domaines [1]. Dans ce contexte, la mise en œuvre de solutions d'économie circulaire offre un cadre global pour traiter ces problèmes de manière holistique [2]. L'économie circulaire est un argument convaincant pour expliquer comment une nouvelle économie devrait utiliser et produire des biens. L'objectif est d'atteindre le «zéro déchet» en maintenant un flux constant d'approvisionnement entre les producteurs et les consommateurs. Étant donné que ce système est censé avoir un faible impact environnemental et une activité économique élevée, il répond aux problèmes mondiaux liés au changement climatique, à la pollution, aux déchets et à la biodiversité [3].

Actuellement, les sous-produits de la vinification, tels que le marc de raisin, les pépins de raisin et les levures résiduelles, peuvent être utilisés pour produire de l'alcool, servir d'engrais ou d'aliments pour animaux, ou encore pour l'extraction de nombreux composés bioactifs utilisés dans la création d'aliments fonctionnels, comme les anthocyanines des raisins rouges en tant

résultant du processus de vinification en tant que ressource précieuse au sein d'une économie circulaire, dans le but de réduire l'impact écologique de la filière vitivinicole. Dans ce sens, les composants précieux des levures résiduelles, leurs propriétés et l'étude des méthodes de réutilisation actuelles sont analysés. Les résultats soulignent l'importance de la recherche et de l'innovation pour optimiser les procédés de valorisation et

que colorants naturels, les composés phénoliques comme antioxydants, etc. [4].

Selon le rapport 2023 de l'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV), portant sur le scénario annuel 2022, la production mondiale de vin en 2022 est estimée à 258 millions d'hectolitres [2]. Après la production du vin, une quantité considérable de déchets solides, notamment du marc de raisin et des lies, est générée. Les solides contenant des peaux, des pépins et des tiges sont considérés comme du marc de raisin et représentent environ 20 % du total des raisins transformés [5]. Dans la production de vin blanc, ces solides sont obtenus après pressurage avant fermentation, tandis que dans la vinification rouge, ils sont générés après fermentation. Les levures résiduelles de vinification représentent environ 2 à 6 % du volume du vin et sont principalement composées d'éthanol, d'acide tartrique, de cellules de levure, de complexes de polysaccharides, de polyphénols et de matières inorganiques [6].

Dans une approche de bioraffinerie, les résidus de levure pourraient être utilisés pour la production d'éthanol, d'acide tartrique et d'antioxydants, tandis que la fraction restante enrichie en cellules de levure pourrait être utilisée pour obtenir les différents composés à potentiel technologique, nutritionnel ou nutraceutique.

II. LEVURES RÉSIDUELLES DE VINIFICATION : CARACTÉRISTIQUES ET ENJEUX

A. Définition et caractérisation des levures résiduelles de vinification

Selon le Règlement européen 491/2009 du 25 mai 2009, les levures résiduelles du vin représentent les sédiments qui se déposent dans les cuves de vinification après la fermentation, pendant le stockage ou après un traitement autorisé, ou qui sont obtenus après filtration ou centrifugation du vin. La composition des sédiments résiduels de levures œnologiques dépend de plusieurs facteurs, tels que les conditions environnementales, les régions d'origine et leurs caractéristiques agronomiques, le cépage et la durée de maturation du vin [7], [8]. Les levures résiduelles de vinification sont riches en protéines et en lipides, grâce à la présence majoritaire de levures. En même temps, les lies de vin rouge ont une teneur élevée en composés phénoliques (anthocyanines) aux propriétés antioxydantes. Comme le montrent

des études récentes, les sédiments résiduels de levures de vinification sont particulièrement riches en protéines, avec une teneur totale en azote comprise entre 4,106 % pour les lies de vin blanc et 0,855 % pour les lies de vin rouge, selon une étude menée par Pau Sancho-Galán [9]. Une autre étude réalisée sur les sédiments résiduels de levures œnologiques obtenus après l'élaboration du vin rouge Merlot montre une teneur en protéines de $12,8 \pm 0,7$ % [10]. Des valeurs encore plus élevées sont obtenues dans la récente étude, de même pour les vins rouges, Rara Neagra et Feteasca. La teneur en protéines varie entre $42,62 \pm 1,57$ % et $77,62 \pm 9,14$ % [11].

TABEAU 1 La composition des levures œnologiques résiduelles du vin rouge

Nr.	Paramètre	Vin rouge Tempranillo, Espagne ¹	Vin rouge, Rara Neagra, Moldavie ²	Vin rouge, Feteasca Neagra, Moldavie ²
1 [9]	pH	3.380 0.050	3.15±0.12	3.49±0.02
2 [11]	Protéines, %	0.855 0.025	42.62±1.57	77.62±9.14
3	Lipides, %	0.132 0.047	9.41±2.04	4.61±0.21
4	Cendre, %	33.283 0.171	0.03±0.42	0.04±0.21

B. Classification et génération des levures résiduelles de vinification

Les sédiments de levures œnologiques peuvent être classés en trois groupes selon le stade de vinification : les levures de première et de seconde fermentation, qui se forment lors des fermentations alcoolique et malolactique, et les levures œnologiques d'affinage, formées lors de l'élevage du vin [12]. La figure 1 montre les étapes auxquelles différents types de déchets solides sont produits lors de la production de vin rouge et blanc. Les levures résiduelles de vinification se compose de 2 parties, la partie liquide et la partie solide.

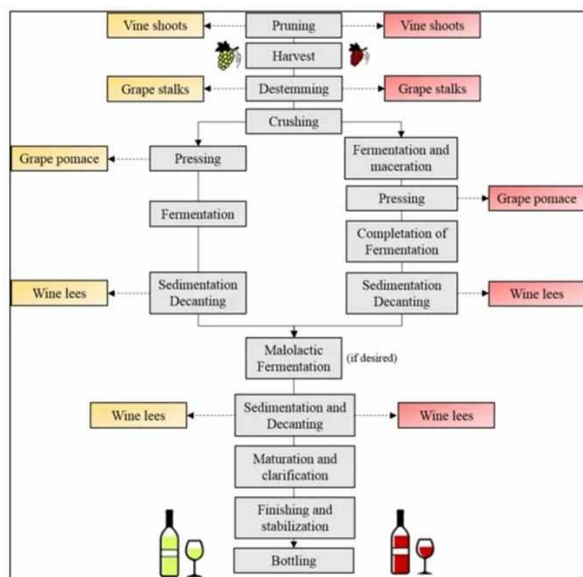


Fig. 1 Schéma des processus de vinification et des déchets solides du vin [12]

La fraction solide est une combinaison de levures, d'acides organiques (principalement l'acide tartrique), de glucides insolubles (tels que les matières celluloseuses ou hémicelluloseuses), de sels inorganiques, de lignine, de protéines, de composés phénoliques, de pulpe et d'autres parties du raisin. La fraction liquide est principalement composée d'éthanol et d'acides

organiques tels que l'acide lactique et l'acide acétique [13]. D'autre part, les sédiments de levures œnologiques peuvent également être classés selon la granulométrie : sédiments de levures lourds (entre 100 µm et 2 mm, qui se déposent en 24 heures) et sédiments de levures légers (<100 µm, entre 1 et 24 µm, qui restent en suspension au moins 24 heures après agitation) [14], [7].

III. MÉTHODES DE VALORISATION DES LEVURES RESIDUELLES

Les levures résiduelles issues de la vinification représentent une ressource précieuse en raison de leur riche teneur en nutriments, polysaccharides, protéines et composés bioactifs. Celles-ci peuvent être exploitées par diverses méthodes, chacune ayant des applications spécifiques dans l'agriculture, l'industrie agroalimentaire, la bioénergie, la cosmétique et d'autres domaines. Dans une perspective de bioraffinage, les lies de vin pourraient être utilisées pour produire des antioxydants, de l'éthanol et de l'acide tartrique, tandis que la fraction restante, riche en cellules de levure, pourrait être transformée en matière première pour la fermentation générique [3].

A. Extraction de l'alcool éthylique

Le règlement du Conseil européen (CE n° 479/2008, 2008) impose que les lies de vin soient dirigées vers des distilleries pour la production d'éthanol. Cet alcool, riche en composés aromatiques issus du vin, est ensuite utilisé dans la fabrication de spiritueux. Par ailleurs, le sous-produit issu de la distillation, connu sous le nom de vinasses ou lies distillées, contient des éléments valorisables comme les polyphénols, les tartrates et la biomasse de levures. Cependant, les vinasses posent un défi environnemental en raison de leur forte teneur en matière organique, ce qui entraîne une demande biologique élevée en oxygène et peut causer des problèmes écologiques si elles ne sont pas gérées de manière appropriée [15].

B. Fabrication d'acide tartrique

Les lies de vin sont également utilisées dans l'une des méthodes les plus traditionnelles de récupération de l'acide tartrique, qui consiste à sécher, broyer et diluer les lies de vin avec du bicarbonate de potassium dans de l'eau chaude. Les résidus formés dans ce processus sont précipités avec des sels de calcium, formant ainsi du tartrate de calcium. L'acide tartrique se trouve dans les lies de vin, principalement sous forme de bitartrate de potassium et, en plus petites quantités, avec des levures mortes, des particules solides, des substances organiques et des cristaux de tartrate de calcium [16]. Le résidu solide des extractions à l'éthanol et à l'acide tartrique ne contient qu'une quantité inférieure de composés organiques, conduisant à une diminution significative de sa demande chimique en oxygène. Ainsi, les problèmes écologiques découlant de l'élimination des vinasses après extraction à l'éthanol et à l'acide tartrique sont significativement inférieurs à ceux des lies de vin originales. Cependant, les résidus d'extraction, essentiellement constitués de biomasse de levure et de polyphénols absorbés sur celle-ci, représentent à la fois un problème d'élimination et une opportunité de valorisation.

C. Engrais organiques pour l'agriculture

Lorsqu'elles sont réutilisées, les lies de vin sont généralement utilisées dans des activités à faible valeur économique, comme la production d'engrais, en raison de la présence d'éléments tels que le Ca, le Mg, le Fe et le Zn [16]. Cependant, cela doit être précédé d'un traitement préalable, car les composés phénoliques résiduels

et le pH faible pourraient avoir un impact environnemental négatif sur le microbiote du sol et sur la germination des plantes [8].

D. Nourriture pour les animaux

Les concentrations élevées en protéines et en azote total, combinées à la présence significative d'acides aminés essentiels (tyrosine, valine et acide aminocaproïque), ont conduit à la proposition d'utiliser les lies de vin comme source de protéines pour les ruminants. Cependant, les quantités élevées de polyphénols associées aux protéines rendent une grande partie de cette fraction non assimilable [15].

E. Industrie alimentaire

Les sous-produits du vin ont un bon goût et une belle couleur, ce qui facilite leur utilisation dans le développement de nouveaux produits alimentaires présentant de nombreux avantages pour la santé. Ces nouveaux produits alimentaires pourraient également remplacer les additifs synthétiques traditionnels [17]. Les levures peuvent être transformées en extraits riches en acides aminés, en vitamines (notamment les vitamines du complexe B) et en minéraux. Elles sont utilisées comme ingrédients fonctionnels dans divers produits alimentaires. Les lies de vin constituent un sous-produit particulièrement riche sur le plan nutritionnel, grâce à leur contenu en glucides insolubles (provenant des fractions cellulotiques et hémicellulosiques), en composés phénoliques, en lignine, ainsi qu'en protéines. Cette composition variée en fait une ressource précieuse pour diverses applications industrielles et agricoles [18].

Des levures œnologiques résiduelles ont été ajoutées à divers produits alimentaires tels que des barres de céréales (2,5 % et 5 % de levure résiduelle sans affecter les propriétés sensorielles du produit) [19], de la glace (l'ajout de 50 g/kg améliore les caractéristiques de la glace et ses propriétés technologiques) [20]. Les protéines et peptides dérivés de la levure sont utilisés pour rehausser les saveurs de produits tels que les soupes, les sauces ou les plats de viande.

F. L'industrie cosmétique

Certaines études mettent en avant l'extraction de molécules bioactives d'intérêt pour l'industrie cosmétique, telles que les polyphénols (notamment les flavonols et les acides phénoliques), le squalène, ainsi que des composés comme les mannoprotéines et les bêta-glucanes, reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, hydratantes et anti-âge [21], [22]. Bien que les propriétés bénéfiques des lies pour la peau aient déjà été décrites, rares sont les industries cosmétiques qui ont utilisé ces déchets agro-industriels dans des formulations cosmétiques. Dans de nombreux cas, les lies de vin ont été utilisées telles quelles, sans transformation [13].

G. Obtention d'extraits fonctionnels

En plus de toutes celles répertoriées, les levures œnologiques résiduelles sont une bonne source de polysaccharides et de β -glucanes. Les β -glucanes sont reconnus comme des substances biologiquement actives possédant des propriétés immunomodulatrices, antioxydantes, anti-inflammatoires, antitumorales, hypocholestérolémiantes et hypoglycémiantes. De plus, les β -glucanes sont utilisés dans l'industrie alimentaire pour la production de produits alimentaires fonctionnels et de nutraceutiques [23].

CONCLUSIONS

La valorisation des levures résiduelles issues de la vinification représente une opportunité majeure pour répondre aux défis contemporains de l'économie circulaire et du changement climatique. Ces sous-produits, longtemps considérés comme des déchets, se révèlent être des ressources précieuses grâce à leur richesse en composés bioactifs, en nutriments et en biomasse. Leur exploitation peut être intégrée dans divers secteurs, tels que l'agriculture, l'alimentation, les cosmétiques et l'énergie, tout en réduisant l'empreinte environnementale des activités vitivinielles. En adoptant des approches innovantes et durables pour leur valorisation, il est possible de diminuer les déchets organiques, de limiter les émissions de gaz à effet de serre et de promouvoir une utilisation efficiente des ressources naturelles. Ainsi, la réintégration de ces levures dans des cycles économiques plus larges illustre concrètement les principes de l'économie circulaire, tout en soutenant la transition vers des pratiques industrielles et agricoles résilientes face au changement climatique. Des recherches supplémentaires sont néanmoins nécessaires pour optimiser les procédés d'extraction et de transformation, garantir leur rentabilité économique et répondre aux exigences environnementales et réglementaires. En mobilisant l'ensemble des acteurs concernés, de la recherche scientifique à l'industrie, cette valorisation peut devenir un levier clé pour une production plus durable et respectueuse des écosystèmes.

RÉFÉRENCES

- [1] OLLAT N., TOUZARD J.-M. *Vigne, vin et changement climatique*. Versailles : Éditions Quae, 2024. ISBN : 978-2-7592-3796-8.
- [2] ABBATE S., CENTOBELLI P., DI GREGORIO M. « Wine waste valorisation: crushing the research domain ». *Rev Manag Sci* [En ligne]. 5 juin 2024. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1007/s11846-024-00779-5> > (consulté le 17 novembre 2024)
- [3] NICULESCU V.-C., IONETE R.-E. « An Overview on Management and Valorisation of Winery Wastes ». *Applied Sciences* [En ligne]. 18 avril 2023. Vol. 13, n°8, p. 5063. Disponible sur : < <https://doi.org/10.3390/app13085063> >
- [4] UNGUREANU G., PATRAS A., CARA I. G., STURZA R., GHENDOV-MOSANU A. « Innovative Recovery of Winemaking Waste for Effective Lead Removal from Wastewater ». *Agronomy* [En ligne]. 28 février 2022. Vol. 12, n°3, p. 604. Disponible sur : < <https://doi.org/10.3390/agronomy12030604> >
- [5] PORTILLA RIVERA O. M., SAAVEDRA LEOS M. D., SOLIS V. E., DOMÍNGUEZ J. M. « Recent trends on the valorization of winemaking industry wastes ». *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* [En ligne]. février 2021. Vol. 27, p. 100415. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100415> >
- [6] DIMOU C., KOPSAHELIS N., PAPADAKI A., PAPANIKOLAOU S., KOOKOS I. K., MANDALA I., KOUTINAS A. A. « Wine lees valorization: Biorefinery development including production of a generic fermentation feedstock employed for poly(3-hydroxybutyrate) synthesis ». *Food Research International* [En ligne]. juillet 2015. Vol. 73, p. 81-87. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.02.020> >
- [7] JARA-PALACIOS M. J. « Wine Lees as a Source of Antioxidant Compounds ». *Antioxidants* [En ligne]. 16 février 2019. Vol. 8, n°2, p. 45. Disponible sur : < <https://doi.org/10.3390/antiox8020045> >
- [8] PÉREZ-BIBBINS B., TORRADO-AGRASAR A., SALGADO J. M., OLIVEIRA R. P. D. S., DOMÍNGUEZ J. M. « Potential of lees from wine, beer and cider manufacturing as a source of economic nutrients: An overview ». *Waste Management* [En ligne]. juin 2015. Vol. 40, p. 72-81. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.009> >
- [9] SANCHEZ-GALÁN P., AMORES-ARROCHA A., JIMÉNEZ-CANTIZANO A., PALACIOS V. « Physicochemical and Nutritional Characterization of Winemaking Lees: A New Food Ingredient ». *Agronomy* [En ligne]. 11 juillet 2020. Vol. 10, n°7, p. 996. Disponible sur : < <https://doi.org/10.3390/agronomy10070996> >
- [10] CHISELIȚA N., CHISELIȚA O., EFREMOVA N., BEȘLIU A. « Valorization of the Red Wine Yeast Waste ». *Pol. J. Environ. Stud.* [En ligne]. 9 janvier 2024. Disponible sur : < <https://doi.org/10.15244/pjoes/173436> > (consulté le 7 juillet 2024)
- [11] CHIORU A., CHISELIȚA N., SUHODOL N., BOIȘTEAN A., PALADI D., CAPCANARI T., CHIRSANOVA A. « Physico-Chemical and

- Microbiological Profile of Wine Lees of Red Wines from Local Grapes Varieties ». *FNS* [En ligne]. 2023. Vol. 14, n°11, p. 1133-1148. Disponible sur : < <https://doi.org/10.4236/fns.2023.1411071> >
- [12] ROMERO-DÍEZ R., RODRÍGUEZ-ROJO S., COCERO M. J., DUARTE C. M. M., MATIAS A. A., BRONZE M. R. « Phenolic characterization of aging wine lees: Correlation with antioxidant activities ». *Food Chemistry* [En ligne]. septembre 2018. Vol. 259, p. 188-195. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.119> >
- [13] DI NICOLANTONIO L., FERRATI M., CRISTINO M., PEREGRINA D. V., ZANNOTTI M., VITALI L. A., CIANCIA S. I., GIOVANNETTI R., FERRARO S., ZARA S., DI VALERIO V., CATALDI A., GIGLIOBIANCO M. R., CENSI R., DI MARTINO P. « Evaluation of Physicochemical and Microbial Properties of Extracts from Wine Lees Waste of Matelica's Verdicchio and Their Applications in Novel Cosmetic Products ». *Antioxidants* [En ligne]. 27 mars 2023. Vol. 12, n°4, p. 816. Disponible sur : < <https://doi.org/10.3390/antiox12040816> >
- [14] GARCÍA MARTÍN J. F., GUILLEMET L., FENG C., SUN D.-W. « Cell viability and proteins release during ultrasound-assisted yeast lysis of light lees in model wine ». *Food Chemistry* [En ligne]. novembre 2013. Vol. 141, n°2, p. 934-939. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.081> >
- [15] DE ISEPPI A., LOMOLINO G., MARANGON M., CURIONI A. « Current and future strategies for wine yeast lees valorization ». *Food Research International* [En ligne]. novembre 2020. Vol. 137, p. 109352. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109352> >
- [16] DE ANDRADE BULOS R. B., DA GAMA PAZ F., MACHADO C. G., TAVARES P. P. L. G., DE SOUZA C. O., UMSZA-GUEZ M. A. « Scientific and technological research on the use of wine lees ». *Food Prod Process and Nutr* [En ligne]. 7 avril 2023. Vol. 5, n°1, p. 25. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00137-0> >
- [17] FERRER-GALLEGO R., SILVA P. « The Wine Industry By-Products: Applications for Food Industry and Health Benefits ». *Antioxidants* [En ligne]. 14 octobre 2022. Vol. 11, n°10, p. 2025. Disponible sur : < <https://doi.org/10.3390/antiox11102025> >
- [18] TROILO M., DIFONZO G., PARADISO V. M., SUMMO C., CAPONIO F. « Bioactive Compounds from Vine Shoots, Grape Stalks, and Wine Lees: Their Potential Use in Agro-Food Chains ». *Foods* [En ligne]. 5 février 2021. Vol. 10, n°2, p. 342. Disponible sur : < <https://doi.org/10.3390/foods10020342> >
- [19] BORGES M. S., BIZ A. P., BERTOLO A. P., BAGATINI L., RIGO E., CAVALHEIRO D. « Enriched cereal bars with wine fermentation biomass ». *J Sci Food Agric* [En ligne]. 30 janvier 2021. Vol. 101, n°2, p. 542-547. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1002/jsfa.10664> >
- [20] HWANG J.-Y., SHYU Y.-S., HSU C.-K. « Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream ». *LWT - Food Science and Technology* [En ligne]. 2009. Vol. 42, n°1, p. 312-318. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.03.008> >
- [21] PÉREZ-SERRADILLA J. A., LUQUE DE CASTRO M. D. « Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from wine lees and spray-drying of the extract ». *Food Chemistry* [En ligne]. février 2011. Vol. 124, n°4, p. 1652-1659. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.046> >
- [22] VARELAS V., TATARIDIS P., LIOUNI M., NERANTZIS E. T. « Valorization of Winery Spent Yeast Waste Biomass as a New Source for the Production of β -Glucan ». *Waste Biomass Valor* [En ligne]. août 2016. Vol. 7, n°4, p. 807-817. Disponible sur : < <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9530-4> >
- [23] CHIORU A., CHIRSANOVA A. « β -Glucans: Characterization, Extraction Methods, and Valorization ». *FNS* [En ligne]. 2023. Vol. 14, n°10, p. 963-983. Disponible sur : < <https://doi.org/10.4236/fns.2023.1410061> >