



La flore levurienne du compost et son effet sur le haricot *Phaseolus vulgaris*

Meriem Amina REZKI* et Abdelkader BEKKI

Laboratoire de Biotechnologie des Rhizobia et Amélioration des Plantes, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Oran 1, Algérie

Résumé

Les levures qui font partie des microorganismes, du compost utilisé dans la fertilisation du sol, ont attiré notre attention. Leur isolement, leur dénombrement et l'étude de leurs caractères culturels et morphologiques ont révélé leur diversité et leur nombre élevé au niveau de ce produit. Les isolats sélectionnés CHI4, CPI3 et CEI2 ont montré une tolérance très importante aux trois types de stress étudiés en particulier la levure CEI2 qui résiste à un pH très acide (2,5), à une température élevée (42 °C) et à une concentration en NaCl de 600 mM. Les cultures du haricot sur différents supports contenant ou non des levures issues de compost nous a permis de mettre en évidence leur effet positif sur le poids sec de la plante étudiée (*Phaseolus vulgaris*) par une augmentation de 700 %, 500 % et 400 %, par rapport au sol, avec CEI2, CPI3 et CHI4 respectivement. Cette augmentation dépasse de 1,5 fois le compost de l'été à partir duquel on a isolé la levure CEI2, de 1,4 fois le compost du printemps à partir duquel on a isolé la levure CPI3 et de 2,7 fois le compost de l'hiver à partir duquel on a isolé la levure CHI4. Ces trois levures et en particulier la CEI2 sont donc intéressantes pour une éventuelle utilisation dans la Biofertilisation des sols et l'augmentation du rendement de cette légumineuse. Mais si le sol est très acide avec une température très élevée dépassant les 40°C, la levure CEI2 sera une bonne candidate par rapport aux deux autres.

Mots-clés : Levures ; Compost ; Biofertilisation ; Haricot *Phaseolus vulgaris* ; Inoculation.

Yeast flora in compost and its effect on Phaseolus vulgaris bean

Abstract

Yeasts, which are part of the micro-organisms in compost used for soil fertilization, caught our attention. Isolation, enumeration, and analysis of their cultural and morphological characteristics revealed their diversity and abundance in this environment. The selected isolates CHI4, CPI3 and CEI2 showed a very high tolerance to the three stress types investigated, in particular the yeast CEI2, which resisted a highly acidic pH (2.5), a high temperature (42°C) and a NaCl concentration of 600 mM. The culture of the bean on different media containing or not yeasts from the compost allowed us to highlight their positive effect on the dry weight of the studied plant (*Phaseolus vulgaris*) by an increase of 700 %, 500 % and 400 % compared to the soil with respectively CEI2, CPI3 and CHI4. This increase exceeds the summer compost from which CEI2 was isolated by 1.5-fold, the spring compost from which CPI3 was isolated by 1.4-fold and the winter compost from which CHI4 was isolated by 2.7-fold. These three yeasts, and in particular the IEC2, are therefore interesting for possible use in the biofertilization of soils and the increase in the productivity of this legume. But if the soil is very acidic with a very high temperature exceeding 40°C, the CEI2 yeast will be a good candidate compared to the other two.

Keywords: Yeasts; Compost; Biofertilization; *Phaseolus vulgaris* bean; Inoculation.

1. Introduction

La production agricole a jusqu'à présent été améliorée par l'utilisation des engrais chimiques qui sont toxiques pour les consommateurs et fragilisent l'équilibre de notre environnement en polluant les sols et les nappes phréatiques alors qu'il existe une solution plus propre et saine en utilisant des engrais naturels comme le

compost. Ceci en plus des bio-engrais dont l'étude et l'utilisation ont donné des résultats très prometteurs. Parmi ces derniers, les microorganismes fixateurs d'azote comme les rhizobia qui fixent l'azote atmosphérique et le rendent assimilable par les plantes en favorisant ainsi cette alimentation azotée [1], les mycorhizes qui améliorent la nutrition hydrique et minérale des plantes en particulier en phosphore et leur



offrent une protection contre différents stress biotiques et abiotiques [2-4] et les PGPR¹ qui possèdent plusieurs effets comme la solubilisation du P et la production des acides indole acétique (AIA) [5-6]. Mais il existe d'autres microorganismes dans la nature, y compris dans le compost [7], qui n'ont pas été étudiés comme les levures. Elles représentent pourtant le groupe le plus exploité par l'homme et qui a connu une utilisation très large dans d'autres domaines comme l'agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique et chimique, ...*etc.*

Dans ce sens et vu l'absence de toute étude portant sur ces microorganismes au niveau de notre pays que s'intègre notre travail.

En effet, l'objectif de cette étude est de déterminer la flore levurienne du compost, son abondance par rapport aux saisons et son effet sur une plante économiquement importante. Le choix du compost, qui constitue un biotope particulier, vise d'une part à participer à la diminution de la pollution de la nature qui progresse d'une manière anarchique dans notre pays en récupérant les déchets organiques et végétales au lieu de les détruire en pure perte et d'autres part à y isoler des inoculums biologiques, à faibles coûts, afin de réduire l'utilisation des engrais chimiques très néfastes et/ou de les concurrencer en termes de rendement.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel biologique

- Le compost : l'échantillonnage a été effectué chaque saison au niveau d'une unité de compostage au centre d'enfouissement technique (CET) situé dans la région de Hassi Bounif à 19 km d'Oran, au nord-ouest de l'Algérie. Il s'agit d'un projet de l'organisation de la R20 MED² pour la valorisation des déchets, particulièrement les déchets organiques (fruits et légumes) et les déchets verts.
- Le sol : le choix a porté sur un sol en jachère pendant deux ans, récupéré de la région d'Es-Senia à Oran.
- Matériel végétal : le matériel végétal choisi est le haricot *Phaseolus vulgaris* L, un génotype local « Djadida » le plus cultivé en Algérie dont la

production et surtout le rendement reste faible au niveau de notre pays.

- Matériel microbien : le matériel microbien est représenté par les levures qui ont été isolées à partir des différents échantillons de compost cités ci-dessus.

2.2. Isolement et dénombrement d'isolats de levures

Un gramme de chaque échantillon de compost suspendu dans 10 mL d'eau physiologique stérile puis homogénéisé pendant 2 min. À partir de ces solutions mères, des dilutions décimales sont préparées et 0,2 mL de chaque suspension est ensuite étalée sur un milieu PDA additionné à deux antibiotiques, le chloramphénicol (0,5 mg.mL⁻¹) et l'ampicilline (0,5 mg.mL⁻¹) pour l'élimination des bactéries [8-9].

L'incubation est effectuée à 28 °C pendant 72 h avec une lecture quotidienne. Les isolats de levures ont été vérifiés par un examen microscopique et comptés afin de déterminer la saison au cours de laquelle le compost est riche en flore levurienne.

Les isolats purifiés par technique d'épuisement sont conservés à 4 °C sur milieu YPD (2 % de D-glucose, 2 % de peptone et 1 % d'extrait de levure) en gélose inclinée et à -80 °C dans le même milieu dilué à 60 % avec une solution stérile de glycérol.

2.3. Caractères culturels et morphologiques

Les caractères culturels sont définis après ensemencement des isolats de levures sur YPD solide. Les caractères morphologiques tels que la morphologie des cellules ainsi que leur mode de reproduction végétative sont déterminés sur YPD liquide [10].

2.4. Effet de quelques stress sur la croissance des levures

2.4.1. La température

Afin de mettre en évidence l'effet du stress thermique sur ces isolats, ces derniers sont ensemencés sur milieu YPD solide puis placés dans l'étuve à différentes températures (25 ; 30 ; 37 ; 40 et 42 °C).

¹ PGPR : Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (en français : Rhizobactéries favorisant la croissance des plantes)

² Pôle méditerranéen de l'ONG « Regions of Climate Action » fondée en 2010 avec le soutien des Nations Unies.
<https://r20med.regions20.org/qui-sommes-nous/>

2.4.2. Le pH

Le milieu YPD solide a été préparé à différents pH (2,5 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 et 7). L'agar est ajouté aux milieux à pH 5 ; 6 et 7 avant autoclavage contrairement aux milieux à pH 2,5 ; 3 et 4 où il est rajouté après autoclavage.

2.4.3. La salinité

Le stress salin est réalisé par l'ajout de NaCl, à trois concentrations (100, 300 et 600 mM), au milieu YPD solide. Pour ces tests, l'incubation a été effectuée à 28 °C avec une lecture quotidienne pendant 3 jours.

2.5. Effet des levures sur le haricot

2.5.1. Germination de la graine et mise en pot de la plante

Les graines du haricot sont triées et désinfectées par un lavage à l'hypochlorite de sodium (7°) pendant 10 min (scarification chimique). Elles sont ensuite rincées abondamment à l'eau distillée stérile en laissant une dizaine de minutes au cours du dernier rinçage afin d'éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium.

Les graines stériles ont été mises à germer dans du papier filtre imbibé d'eau distillée stérile, pendant 48h. Après germination, ces dernières sont placées dans des pots contenant uniquement le sol à raison de trois graines germées et trois pots par isolat de levure. Deux témoins sont considérés, un témoin contenant que le sol sans aucune inoculation et un autre contenant un mélange de sol (2/3) et de compost (1/3) sans inoculation. Il est important de noter que les composts utilisés sont ceux de l'hiver, du printemps et de l'été vu que les isolats retenus ont été isolés à partir de ces derniers. Les plantes ont été cultivées dans une serre, arrosée deux fois par semaine avec de l'eau distillée stérile.

2.5.2. Inoculations

Une inoculation est réalisée avec des cultures de levures jeunes de chacun des isolats, récupérées en pleine phase exponentielle sur milieu YNB (YNB Yeast Nitrogen Base) liquide sous agitation à 28 °C à une concentration de 10^7 cellules.mL⁻¹ [11]. Le comptage des levures est réalisé avec la cellule de Malassez.

2.5.3. Estimation de l'effet des levures

Lors de la récolte qui a eu lieu six semaines après la plantation, le poids sec de chaque plante a été mesuré après les avoir séchées dans une étuve à 60 °C pendant 3 jours. Les différents poids secs ainsi obtenus sont représentés graphiquement afin d'apprécier l'effet du compost et des différentes levures étudiées sur la croissance de la plante.

3. Résultats et discussion

3.1. Isolement et dénombrement des levures

À partir des isolats obtenus des différents échantillons de compost, trois ont été sélectionnés en se basant sur les caractères cultureux et morphologiques. En effet, la présence des levures dans le compost a été déjà déterminé par plusieurs études [12, 13]. Cette présence des levures au niveau des échantillons de composts étudiés et produits à partir des déchets verts et organiques peut être expliquée par l'aspect ubiquitaire de ces microorganismes et leur omniprésence sur les fruits, les légumes et les différentes plantes. Cependant, l'abondance de ces levures au niveau du compost étudié peut être appréciée au niveau de la figure 1 où est représenté le résultat du comptage du nombre d'isolats de levures en fonction des saisons. Ce dernier reflète que la flore fongique est plus riche en levure pendant le printemps et l'été par rapport aux deux autres saisons. Ce qui paraît logique vu la disponibilité de la matière végétale ainsi que l'abondance et la variabilité des fruits et légumes pendant cette période.

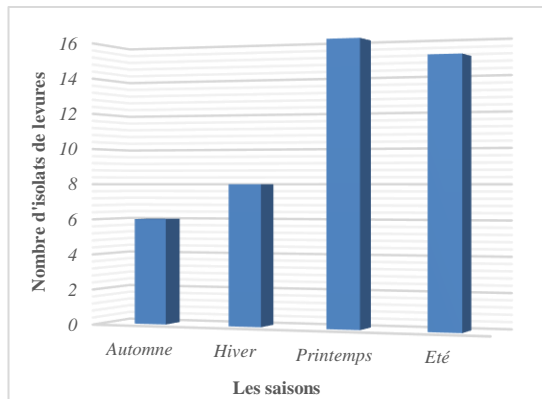






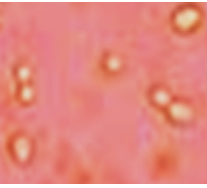
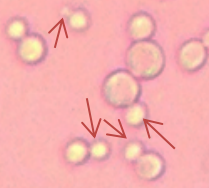
Figure 1 : Représentation du nombre d'isolats de levures des différents échantillons de compost en fonction des saisons

3.2. Caractères cultureux et morphologiques des levures

Les caractères cultureux et morphologiques des trois isolats de levures qui ont été sélectionnés sont représentés au niveau du tableau 1.

Les colonies des trois isolats sont sphériques avec une couleur blanchâtre et des aspects différents, velouté pour CHI4 et CEI2 et lisse pour CPI3. On note, cependant, une diversité au niveau des caractères morphologiques et du mode de bourgeonnement. En effet, CHI4 se présente sous forme de petites cellules sphériques où le bourgeonnement est unipolaire, CPI3 sont des cellules ovoïdes avec un bourgeonnement bipolaire et CEI2 de grosses cellules sphériques et le bourgeonnement est multipolaire.

Tableau 1
Caractères cultureux et morphologiques des isolats de levures retenus pour cette étude

	CHI4	CPI3	CEI2
Les colonies de levures Vues à l'œil nu			
Levures vues au microscope (×400)			
Caractères morphologiques	Petites cellules sphériques	Cellules ovoïdes	Grosses cellules sphériques
Mode de reproduction végétative (Bourgeonnement)	Unipolaire	Bipolaire	Multipolaire

3.3. Effet des stress sur la croissance des levures

Les stress étudiés représentent ceux que peuvent rencontrer les levures isolées dans le biotope au cours de

leur inoculation. Ces stress sont le pH, le stress thermique et salin. Les résultats obtenus sont regroupés au niveau du tableau 2.

Tableau 2
Effet des différents stress sur les isolats des levures étudiées

Isolats de levures	Températures (°C)						pH					NaCl (mM)		
	25	30	37	40	42	2,5	3	4	5	6	7	100	300	600
CHI4	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
CPI3	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
CEI2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(+ Résistant - Sensible)

Les résultats obtenus montrent bien la résistance de CPI3 et CEI2 à 40 °C contrairement à CHI4. Cette résistance dépasse les 40 °C pour atteindre les 42 °C avec la levure CEI2. En effet, beaucoup d'études ont souligné la résistance d'un grand nombre de levures à des températures élevées comme 40 °C [8,14] et 42 °C [8,15] voir plus à 50 °C tel est le cas de *Candida Slooffii*, *Saccharomyces telluris* et *Torulopsis bovina* [16,17].

Les isolats de levures étudiés ont montré qu'ils peuvent facilement croître à un pH de 3 mais CEI2 se distingue des autres avec une résistance à 2,5. C'est un résultat très intéressant puisque les levures poussent rarement à des pH très acides inférieurs à 3 et préfèrent une gamme allant de 4,5 à 6,5 [18]. En effet, les levures peuvent pousser sur une très large gamme de pH variant d'un pH alcalin [19] aux pH acides [18] même s'ils ont une préférence pour ces derniers et les résultats obtenus le confirment.

Les concentrations en NaCl utilisées ne semblent pas posées problème à ces isolats de levures puisqu'ils arrivent à résister à des concentrations allant de 100 à 600 mM. Cette halotolérance est sans doute liée à leur milieu d'origine puisque le compost est connu pour son

taux élevé en sel. Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par [20] qui ont utilisé les mêmes concentrations avec d'autres isolats. Il semble donc que les levures résistent bien à la salinité et il serait intéressant de tester d'autres concentrations plus élevées en NaCl.

4. Effet des levures sur la croissance de la plante

Les résultats obtenus représentés au niveau des figures 2 et 3 sont très intéressants. Ils révèlent une augmentation de la croissance de la plante, exprimée par la biomasse sèche, de 4 fois quand le sol est mélangé au compost de l'été et de 3,5 quand il est mélangé avec celui du printemps. Cependant le rendement le plus faible est obtenu avec le compost de l'hiver qui reste quand même plus important que le témoin. Ce dernier comporte un sol laissé en jachère pendant deux ans où l'activité microbienne est au ralenti ce qui explique ce rendement faible qui a été amélioré par la matière organique du compost ainsi que son activité microbienne y compris celle des levures.

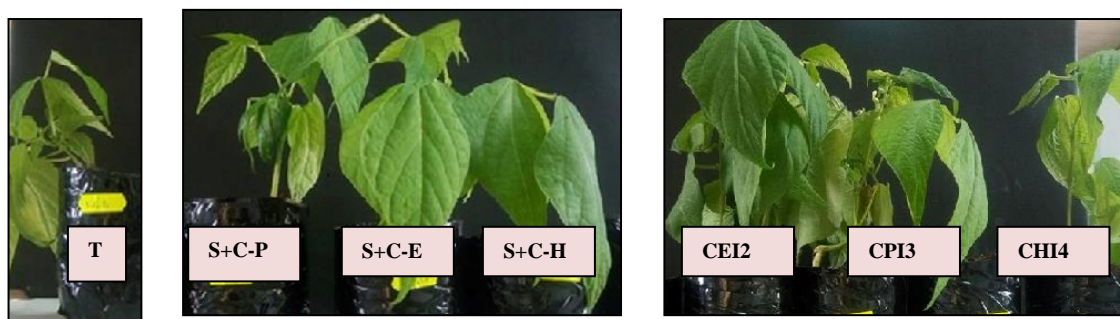
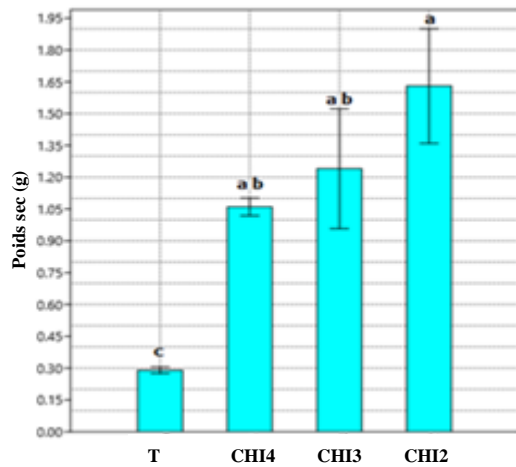


Figure 2 : Résultats des différentes cultures du haricot (*Phaseolus vulgaris*)

T (Témoin) : culture de la plante sur le sol ; S+C-P : Culture de la plante sur du sol + compost du printemps (2v:1v) ; S+C-E : Culture de la plante sur du sol + compost de l'été (2v:1v) ; S+C-H : Culture de la plante sur du sol + compost de l'hiver (2v:1v) ; CEI2 : Plante inoculée avec l'isolat CEI2 ; CPI3 : Plante inoculée avec l'isolat CPI3 ; CHI4 : Plante inoculée avec l'isolat CHI4

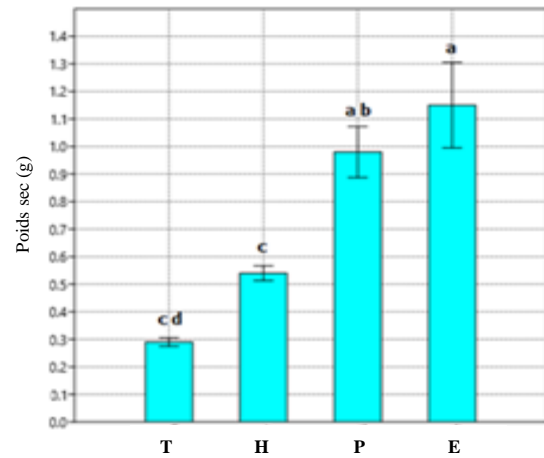
Les levures qui ont été sélectionnées pour cette étude ont été isolées à partir de ces trois échantillons de compost, à savoir celui de l'hiver (H), du printemps (P) et de l'été (E) et ont servi à l'inoculation d'une légumineuse le haricot. Les résultats obtenus montrent que le rendement avec l'inoculation des levures est beaucoup plus important que celui obtenu avec le compost (figure 3). Ceci peut être expliqué par quelques effets négatifs du compost comme son taux élevé en sels qui peut conduire à une diminution de la croissance des

plantes comme il a été rapporté par certains auteurs [21] qui confirment que les autres avantages du compost l'emportent sur l'influence négative possible de la salinité. L'autre explication repose sur la quantité des microorganismes présents dans le compost. En effet, le dénombrement de la flore levurienne au niveau de chaque échantillon de compost a révélé un nombre inférieur de 300 à 600 fois au nombre utilisé pour l'inoculation.



Culture avec inoculation levurienne.

T : PS de la culture sur sol ;
 CHI4 : PS de la plante inoculée par CHI4 ;
 CPI3 : PS de la plante inoculée par CPI3 ;
 CEI2 : PS de la plante inoculée par CEI2.



Culture avec compost.

T : PS de la culture sur sol ;
 H : PS de la culture sur sol + Compost de l'hiver ;
 P : PS de la culture sur sol + Compost du printemps ;
 E : PS de la culture sur sol + Compost de l'été.

a : Hautement significatif ; b : Très significatif ; c : Pas très significatif

Figures 3 : Le poids secs des différentes cultures du haricot *Phaseolus vulgaris*

L'analyse statistique démontre que l'introduction du compost ainsi que l'inoculation avec les différentes levures ont un effet statistiquement hautement significatif sur le poids sec de *Phaseolus vulgaris* ($p < 0,01$). Selon Tukey³, l'analyse de comparaison deux à deux et en comparaison avec les valeurs du poids sec de la plante enregistrées pour le témoin, démontre que l'incorporation du compost d'été au niveau des différentes cultures a donné le meilleur rendement (effet hautement significatif "a"), suivi par le compost du printemps (très significatif "ab"), alors que le compost d'hiver n'a pas d'effet significatif ("c").

De la même manière et selon le même type d'analyse, Tukey confirme l'effet de l'inoculation avec CEI2 qui donne le meilleur rendement sur le poids sec de la plante (hautement significatif "a"), suivi de CPI3 (très significatif "ab") contrairement à CHI4, isolée à partir du compost de l'hiver.

La comparaison des deux résultats nous amène à conclure que les levures peuvent influencer positivement la croissance des plantes en améliorant considérablement leur biomasse sèche, estimés à 400 % pour la levure CHI4, à 500 % pour la levure CPI3 et à 700 % pour la

levure CEI2. Cette dernière peut donc être élue comme la meilleure candidate à l'inoculation, même si les deux autres sont aussi intéressantes, puisqu'elle donne le meilleur rendement et se distingue des deux autres levures par sa résistance au pH très acide et au stress thermique qui atteint les 42 °C. Ceci a été souligné par plusieurs auteurs en mettant en avant l'importance de ces microorganismes dans l'amélioration de la croissance des plantes [22, 23] comme celle du riz [24].

Cette influence peut se faire d'une manière indirecte par le biais de ses productions que ce soit les métabolites primaires ou secondaires comme les cytokinines, les acides aminés et les vitamines qui peuvent stimuler les échanges entre les différents partenaires du sol et entre la plante et les micro-symbiotes [25] qui eux aussi peuvent être utilisés comme bio-engrais. Elle peut se faire aussi d'une manière directe par la cellule de la levure. Un travail est sur le point d'être finalisé pour mettre au point cet effet PGPR ainsi que les autres effets de la levure.

³ Test de Tukey : Méthode statistique généralement utilisé en conjonction avec une ANOVA pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres.

5. Conclusion

Ce travail a déterminé la richesse du compost en flore levurienne surtout lorsqu'il est produit durant la disponibilité de la matière végétale et organique. Les levures isolées à partir de ce produit ont montré une résistance importante aux différents stress tels que le pH où CEI2 a résisté à un pH de 2,5 ; le stress thermique où la même levure a pu pousser jusqu'à une température de 42 °C et le stress salin jusqu'à 600 mM de NaCl.

Le plus important est que ces microorganismes ont révélé une action positive sur le rendement de la plante utilisée "le haricot" évalué à 400 % (CHI4), 500 % (CPI3) et 700 % (CEI2) qui est nettement supérieure à celle du compost de 1,4 à 2,7 fois. Ce qui peut certainement inciter à leur utilisation comme biofertilisant, en particulier la CEI2, afin d'augmenter la production du haricot qui pose problème dans notre pays. D'autres plantes économiquement importantes pourront également être testées pour la fertilisation par le biais de ces levures pour améliorer leur rendement et maintenir une agriculture durable, saine et biologique en Algérie. Il serait très intéressant de déterminer le mode d'action de ces levures pour choisir la méthode de leur formulation comme biofertilisant écologique.

Références

- [1] Hansen A.P., Choudhary D.K., Agrawal P.K. and Varma A., *Rhizobium Biology and Biotechnology*, (2017) Springer. ISBN: 978-3-319-64982-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-64982-5>
- [2] Smith S. E., Read D. J. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd edition, London: Academic Press, (2008) pp 13-41. eBook ISBN: 9780080559346
- [3] Brundrett M.C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding global diversity of hostplants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis, *Plant Soil*, 320 (2009): 37–77. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-008-9877-9>
- [4] Gianinazzi S., Gollotte A., Binet M.N., Van Tuinen D., Redecker D. and Wipf D., Agroecology the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services, *Mycorrhiza*, 20 (2010): 519–530. <https://doi.org/10.1007/s00572-010-0333-3>
- [5] Battini F., Cristani C., Giovannetti M., Agnolucci M. Multifunctionality and diversity of culturable bacterial communities strictly associated with spores of the plant beneficial symbiont *Rhizophagus intraradices*, *Microb. Res.*, 83 (2016) 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.012>
- [6] Lenoir I., Fontaine J. and Sahraoui A.L.H., Arbuscular mycorrhizal fungal responses to abiotic stresses: a review, *Phytochemistry*, 123 (2016): 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.01.002>
- [7] Gobat J.M., Aragno M., and Matthey W., *Le sol vivant : Bases de pédologie, biologie des sols*, 2^{ème} édition, Presse polytechniques et universitaires romandes. (2003) pp568.
- [8] Rezki M.A., Benbadis L., DeBillerbeck G., Benbayer Z. and François J.M., Isolation and physiological characterization of indigenous yeasts from some Algerian agricultural and dairy products, *J. Yeast Fungal Res*, 4 (6) (2013): 75-83. <https://doi.org/10.5897/JYFR2013.0117>
- [9] Rezki M.A., Aouad L. and Bekki A., Production of ethanol and polyethanol by yeasts isolated date (*Phoenix dactylifera L.*) Wastes, *African Journal of Biotechnology*, 16 (50) (2015): 3288-3294. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.14979>
- [10] Bourgeois C.M. et Leveau J.Y., Les levures : Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Tome 3. In « Bourgeois C.M. et Leveau J.Y. Edition, Le contrôle microbiologique », Tec et Doc Lavoisier, Paris, (1980) 130p."
- [11] Fracchia S., Godeas A., Scervino J. M., Sampedro I., Ocampo J. A. and Garcia-Romera I., Interaction between the soil yeast *Rhodotorula mucilaginosa* and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Gigasporarosea*, *Soil Biol. Biochem.*, 35 (5) (2003): 701–707. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00086-5)
- [12] Siyoum N.A., SurrIDGE K., van der Linde E.J. and Korsten L., Microbial succession in white button mushroom production systems from compost and casing to a marketable packed product, *Ann. Microbiol.*, 66(1) (2016) :151–164. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-10914>.
- [13] Yan, Y., Zheng, X., Apaliya M. T., Yang H. and Zhang H., Transcriptome characterization and expression profile of defense-related genes in pear induced by *Meyerozyma guilliermondii*, *Postharvest Biology and Technology*, 141 (2018): 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.03.011>
- [14] Chaparro M.L., Cespedes E., Cruz M., Castillo-Saldarriaga C.R., Gomez-Alvarez M.I., Fluidized bed drying of a granulated prototype based on a potential probiotic yeast *Meyerozyma guilliermondii*: selection of process parameters and drying protectant, *Rev. Mex. Ing. Quim.*, 16 (2) (2017) : 347-357. Disponible en ligne. https://www.researchgate.net/publication/319478942_Fluidized_bed_drying_of_a_granulated_prototype_based_on_a_potential_probiotic_yeast_Meyerozyma_guilliermondii_Selection_of_process_parameters_and_drying_protectant (accédé le 29/09/2021)
- [15] Da Silveira F.A., Fernandes T.A.R., Bragança C.R.S., Balbino T.R., Diniz R.H.S., Passos F.M.L., Da Silveira W.B., 2019. Isolation of xylose assimilating yeasts and optimization of xylitol production by a new *Meyerozyma guilliermondii* strain, *Int. Microbiol.*, <https://doi.org/10.1007/s10123-019-00105-0>.
- [16] Bourgeois C.M., Mesle J.F. et Zucca J., *Microbiologie alimentaire*, Tome 1. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaires. Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 8 (1988) : 161-171. ISBN : 2852064510 9782852064515. Numéro OCLC : 461945037
- [17] Leveau J.Y. et Bouix M., Étude des conditions extrêmes de croissance des levures osmophiles, *Ind. Alim. Agric.*, 11 (1993): 1147-1151. ISSN : 0019-9311.
- [18] Reddy L.V.A. and Reddy O.V.S., Effect of fermentation conditions on yeast growth and volatile composition of wine produced from mango (*Mangifera indica L.*) fruit juice. *Food Bioprod. Process*, 89 (2011): 487-491. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.11.007>
- [19] Sanchez N.S., Calahorra M., Ramirez J. and Peña A. 2018. Salinity and high pH affect energy pathways and growth in *Debaryomyces hansenii*, *Fungal Biol.*, 122 (10) (2018): 977-990. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2018.07.002>
- [20] Bellinger Y. and Larher F., A ¹³C comparative nuclear magnetic resonance study of organic solute production and excretion by the yeasts *Hansenula anomala* and *Saccharomyces cerevisiae* in saline media, *Can. J. Microbiol.*, 34 (1988): 605-612. <https://doi.org/10.1139/m88-100>
- [21] Epstein E., Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress: adaptation of crops to salinity. In: *Proceeding of*

- Workshop on Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils (1976: Beltsville, Md.). Ithaca, New York: Cornell University Agricultural Experiment Station, (1977): 73-123.
- [22] Fu S.F., Chen H.W., Wei J.Y., Lee Y.I. and Chou J.Y., Yeast-produced IAA is not only involved in the competition among yeasts but also promotes plant growth and development, *Nova Hedwigia*, 105(1-2) (2016) :135-150.
https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2016/0382
- [23] Alvarez M., Tuca F., Quispe E., Meza V., Incidence of the inoculation of beneficial microorganisms in the strawberry (*Fragaria sp.*) crop, *Scientia Agropecuaria* 9 (1) (2018): 33-42. Disponible en ligne.
<http://dev.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n1/a04v9n1.pdf> (accédé le 15/10/2021)
- [24] Teama E.A., El-Nagar G.R., Ali E.A. and Ahmed T.A.A., Effect of yeast rates and potassium fertilization on yield and quality of some sugar beet varieties, *Assiut J. Agric. Sci.*, 49 (1) (2018): 10-26. <https://dx.doi.org/10.21608/ajas.2018.8046>
- [25] Bahr A.A. and Gomaa A.M., The integrated system of bio-and organic fertilizers for improving growth and yield of triticale, *Egypt. J. Appl. Sci.*, 17 (10) (2002): 512-523.
-