

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire de fin d'étude

En Vue de l'Obtention Du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème

Activité fongique et valorisation des bio-déchets par compostage

Présenté par :

AREZKI Lina et HAMITI Mélissa

Le : 25/06/2025

Devant le jury composé de :

Président : SAADOUN N.

Pr, UMMTO

Promotrice : METNA F.

MCA, UMMTO

Co-promotrice: TAOURIRT N.

Doctorante, UMMTO

Examinatrice : BERRACHED R.

MCB, UMMTO

Année universitaire : 2024–2025

Remerciements

Avant de clore ce travail, nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers *Dieu* Tout-Puissant, pour nous avoir guidé et accordé la force, la patience et la santé nécessaires tout au long de ces années d'études, mais également dans la vie en général. C'est grâce à Sa présence que nous avons pu surmonter les épreuves et franchir les obstacles qui se sont dressés sur nos chemins.

On remercie tout d'abord Mme METNA F. qui nous a proposé ce sujet et a accepté de nous encadrer et pour son accompagnement, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique et sa bienveillance ont été pour nous une source d'inspiration constante nous avons tellement appris de vous, réaliser ce modeste projet à vos côtés n'a pas seulement représenté l'aboutissement d'un parcours académique, mais a surtout constitué une véritable expérience enrichissante. Elle nous a permis d'élargir nos horizons, tant sur le plan intellectuel que personnel, et d'acquérir des compétences et des perspectives nouvelles qui nous seront précieuses pour l'avenir.

Un grand merci à Mlle TAOURIRT N. pour son encadrement attentif, sa gentillesse et la pertinence de ses conseils, qui ont largement contribué à la réalisation de ce mémoire dans les meilleures conditions.

On tient également à remercier Mme SAADOUN N. directrice du laboratoire Ressource Naturelle de l'Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou qui nous a accueilli dans son laboratoire et nous a donné la possibilité de travailler, qui a su, tout au long de notre parcours, transmettre son savoir avec passion et exigence.

Merci à Mme BERRACHED R. aussi d'avoir accepté d'évaluer et examiner notre travail.

Enfin, on dédie ce mémoire à nos familles, dont le soutien moral, l'encouragement constant et l'amour inconditionnel nous ont permis de mener à bien ce projet ainsi que toutes personnes qui, de près ou de loin, y ont contribué.

À toutes et à tous, merci.

"Ecology is not somebody's work; it's everybody's work." – Sadhguru Jaggi Vasudev

Dédicaces

A ma maman,

Ma plus grande source de courage, bienveillance et d'amour dans ce monde. Merci de m'avoir élevé et pris soin de moi depuis toujours et à ce jour, de tous les sacrifices que tu as dû faire afin de faire de moi la jeune femme d'aujourd'hui. Mon premier but dans la vie a toujours été de pouvoir te rendre fière de moi et te rendre le quart de tout ce que tu as pu me donner, car pour la totalité une vie ne pourrait suffire, j'espère être sur le bon chemin pour cela. Je t'aime plus que tout.

A mes deux grands frères Yanis et Juba,

Tous deux, vous aviez toujours été à mes côtés tels les anges protecteurs que vous êtes. J'espère que ce diplôme vous rendra fiers de votre petite sœur autant que je suis fière de vous avoir comme grands frères.

A ma famille,

Merci à tout membre qui a cru en moi, m'a encouragé et a sincèrement était ravie de voir ma réussite que je souhaite à tous les plus jeunes et sa continuité aux plus âgés.

A ma binôme et amie Lina,

Tu as été une merveilleuse rencontre pour moi, merci pour ta patience, ton travail ainsi que ta loyauté. J'espère que notre amitié durera encore longtemps et qu'à deux nous réaliseront nos projets et réussirons à innover dans ce monde pour le rendre meilleur ensemble.

A tous mes ami(e)s,

Merci d'avoir toujours étaient là pour moi, votre sincérité, loyauté et compréhension m'a toujours touché et permis d'avancer et de devenir la meilleure version de moi-même. Merci pour la positivité que vous avez apporté dans ma vie qui ne serait pas fun sans vous tous/toutes.

Je dédie ce mémoire à vous toutes et tous ainsi que toute personne qui a pu me guider et me forger et qui a été une source d'inspiration,

Avec toute ma gratitude et de tout mon cœur.

MELISSA ☐☐

Dédicaces

À mes parents,

Papa et Maman,

Pour vos sacrifices silencieux, votre amour immense et votre soutien sans faille. Vos encouragements constants et les valeurs que vous m'avez transmises. Ce diplôme, c'est aussi le vôtre, c'est le fruit de votre patience et de votre confiance en moi. Vous avez cru en moi même quand le chemin semblait incertain. Je vous le dédie avec toute ma reconnaissance et mon amour.

À ma sœur Ania et mes deux petits frères Ahmed et Aksyl,

Vous êtes encore jeunes, mais chaque jour vous m'avez donné une raison de me dépasser. J'espère que ce diplôme vous inspirera, qu'il sera une lumière sur votre propre chemin. Soyez fiers de vous, comme je suis fière d'être votre grande sœur.

À toute ma famille,

Pour votre fierté, vos encouragements et votre présence bienveillante à chaque étape, et l'énergie que vous m'avez portée tout au long de ce parcours.

À mon binôme et amie Melissa,

Pour ton engagement, ta patience et ta complicité tout au long de ce parcours. Ce travail a été enrichi par ta présence, ton sérieux et ta bonne humeur. Merci d'avoir partagé cette expérience à mes côtés.

À tous mes amis,

Pour votre amitié sincère, votre aide précieuse, vos encouragements, et les moments partagés qui ont rendu cette aventure plus légère.

Ce mémoire est dédié à vous tous,

Avec tout mon cœur et une profonde gratitude

LINA.

Liste des figures

Figure 1. Les phases du compostage (Maystre <i>et al.</i> , 1994).....	6
Figure 2. Différentes formes de croissance des champignons. (a) Hyphe asepté. (b) Hyphe ramifié septé. (c) Cellules de levure se divisant par fission binaire. (d) Cellules de levure se divisant par bourgeonnement. (e) Pseudohyphe, considéré comme un stade intermédiaire entre les cellules de levure et les véritables hyphes. (f) Thalle de Chytridiomycota (Webster & Weber, 2007).....	12
Figure 3. Cycle de vie des champignons, reproduction asexuée et sexuée des champignons (Nwe <i>et al.</i> , 2011).....	13
Figure 4. Les cinq phyla du règne des Fungi (Microbiote GreenCell, 2021).	14
Figure 5. Zoospore de chytride d'eau douce. Joyce Longcore, University of Maine (Money, 2016).....	14
Figure 6. Aspect général des champignons mycorrhiziens (Nora Durbecq, 2023)	15
Figure 7. Aspect général des Zygomycètes (<i>Rhizopus</i>) (Volk, 2001).....	16
Figure 8. Caractéristiques morphologiques typiques des basidiomycètes en culture. Les caractéristiques morphologiques que les basidiomycètes peuvent présenter en culture sont présentées. Les caractéristiques microscopiques comprennent les chlamydoconidies (A), les arthroconidies (B), les spicules (flèche ouverte) et les connexions clamp (flèche pleine) de <i>Schizophyllum commune</i> (C), le basidiocarpe macroscopique d'un isolat dicaryote de <i>Schizophyllum commune</i> (D), les hyphes sotales d' <i>Inonotus (Phellinus) tropicalis</i> (E) et les conidies de l'anamorphe <i>Hormographiella</i> d'un <i>Coprinus</i> sp.	16
Figure 9. <i>Penicillium Camembertii</i> (Dominique, 2012).....	17
Figure 10. Diversité des modes de vie des champignons (Adnan <i>et al.</i> , 2022).	18
Figure 11. Localisation géographique de la zone d'étude (Google Maps, 2025)	20
Figure 12. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pendant la période allant de 1992 à 2021.....	22
Figure 13. Climagramme d'Emberger de la région de Freha pendant la période allant de 1992 à 2021.	23
Figure 14. Localisation du terrain de la mise en tas.....	24
Figure 15. Les quatre tas du compost.....	25
Figure 16. Composants du PDA.....	27
Figure 17. Matériels utilisés lors de la dilution.....	28
Figure 18. L'abondance des genres fongiques (%) recensés dans chaque tas de composte.....	32
Figure 19. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Aspergillus</i>	33
Figure 20. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Cladosporium</i>	34
Figure 21. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Candida</i>	34
Figure 22. Analyse en composantes principales des genres fongiques dans les quatre tas	37
Figure 23. ACP de comparaison entre la diversité fongique du compost 2024/2025	38

Liste des tableaux

Tableau 1. Flores contribuant au compostage (Mustin, 1987).....	9
Tableau 2. Températures mensuelles moyennes de la région d'étude pour la période 1992-2021 (Climat-data, 2024).....	20
Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la région de Freha pendant la période allant de 1992 à 2021	21
Tableau 4. Evolution de la température interne et du pH mesurés dans chacun des quatre tas de compost.....	25
Tableau 5. L'abondance des genres fongiques dans le compost (Etat actif et non actif)	31
Tableau 6. Résultats du test ANOVA pour les genres fongiques du compost.....	35
Tableau 7. Résultats du test de Newman et Keuls pour le genre <i>Aspergillus</i>	35
Tableau 8. Matrice de corrélation de Pearson	36

Sommaires

Introduction générale	1
Chapitre 01. Le compostage	4
1.1 Introduction	5
1.2 Phases du processus de compostage	5
1.3 Paramètres physico-chimiques influençant le compostage	6
1.4 Description et diversité biologique des organismes du compost	7
1.5 Dynamique et fonctions des micro-organismes pendant le compostage.....	8
Chapitre 02. Le règne des Fungi	10
2.1 Introduction	11
2.2 Conditions de développement des champignons	11
2.3 Organisation végétative des champignons	11
2.4 La reproduction chez les champignons	12
2.5 La classification des champignons.....	13
2.6 Le mode de vie des champignons	17
2.7 Champignons et compost	18
Chapitre 03. Matériel et méthodes	19
3.1 Description de la zone de mise en tas	20
3.2 Synthèse climatique	20
3.2.2 Les précipitations	21
3.2.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens	21
3.2.4 Climagramme d'Emberger	22
3.3 Préparation du compost.....	24
3.3.1 Mise en tas	24
3.3.2 Prélèvements du compost	26
3.3.3 Prélèvement et transport.....	26
3.4 Isolement des champignons du compost.....	26
3.4.1 Préparation du milieu de culture	26
3.4.2 Méthode des suspensions-dilutions.....	27
3.4.3 Mise en culture.....	28
3.5 Identification macroscopique.....	28
3.6 Analyses statistiques	29
Chapitre 04. Résultats et discussion	30
4.1 Abondances des genres fongiques	31
4.2 Description des genres fongiques	32

4.3	Analyse de la variance (ANOVA).....	34
4.4	Test de comparaison multiple de Newman et Keuls	35
4.5	Matrice de corrélation entre les genres fongiques	36
4.6	Analyse en composantes principales (ACP).....	36
4.7	Analyse comparative des cortèges fongiques des composts 2024 vs 2025 par ACP38	
	Conclusion générale	40

Introduction générale

Le compostage s'impose comme une stratégie de gestion durable des déchets organiques. Il permet non seulement de valoriser ces résidus en les transformant en un amendement stable, riche en humus et en nutriments essentiels, mais aussi de réduire significativement leur impact environnemental. Ce processus biologique aérobie contribue à l'amélioration de la qualité des sols, à la diminution de l'usage d'engrais chimiques, et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre associées aux méthodes de traitement conventionnelles. Le compostage s'inscrit ainsi pleinement dans une logique d'économie circulaire, encouragée par les politiques environnementales contemporaines (Haug, 1993 ; Epstein, 1997 ; European Commission, 2020).

Toutefois, cette solution trouve toute son importance face à la problématique croissante de la pollution environnementale, exacerbée par l'urbanisation rapide et la pression démographique. Parmi les diverses formes de pollution, la mauvaise gestion des déchets solides municipaux — notamment les déchets organiques — représente une source de préoccupation majeure. Ces déchets biodégradables, comme les résidus alimentaires, les déchets verts ou autres matières d'origine végétale ou animale, constituent entre 30 et 50 % des ordures ménagères dans de nombreux pays (Adhikari *et al.*, 2009 ; Kaza *et al.*, 2018). Lorsqu'ils sont mis en décharge ou incinérés, ils produisent des polluants atmosphériques tels que le méthane et le dioxyde de carbone, tout en générant des lixiviats susceptibles de contaminer les eaux souterraines (Bernstad & la Cour Jansen, 2012)

Le compostage repose sur l'activité d'une communauté complexe de micro-organismes, dont les champignons jouent un rôle essentiel dans les premières phases de dégradation des déchets organiques, notamment ceux riches en lignine, en cellulose et en hémicellulose (Insam & de Bertoldi, 2007). Contrairement aux bactéries, qui préfèrent des substrats plus simples et se développent surtout dans les phases thermophiles du compost, les champignons principalement des espèces filamenteuses appartenant aux genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, ou encore *Fusarium* sont actifs dès les premiers stades du processus, dans des conditions souvent plus acides et plus humides (Tuomela *et al.*, 2000).

Les champignons possèdent une capacité enzymatique particulièrement développée, leur permettant de dégrader des polymères complexes présents dans les résidus végétaux, tels que la lignine, la cellulose et la chitine. Par exemple, les champignons ligninolytiques produisent des enzymes comme les laccases et les peroxydases, capables de fragmenter les composés aromatiques récalcitrants de la lignine, facilitant ainsi l'action ultérieure des bactéries (Singh & Chen, 2008). Leur présence contribue donc non seulement à accélérer le processus de compostage, mais également à améliorer la qualité du compost final, en favorisant la formation d'humus stable et riche en éléments nutritifs. Certaines espèces fongiques peuvent aussi exercer un effet biocontrôle contre des agents pathogènes du sol, ce qui confère au compost des propriétés bénéfiques en agriculture (Pane *et al.*, 2013).

Ainsi, les champignons constituent des acteurs indispensables de la chaîne trophique microbienne dans les systèmes de compostage. Une meilleure compréhension de leur diversité

Introduction générale

et de leur fonction pourrait permettre d'optimiser les conditions du compostage et de développer des bioinoculants fongiques pour améliorer l'efficacité du processus.

Afin de mettre en évidence la présence, la diversité taxonomique et l'abondance relative des genres fongiques présents dans le compost, une analyse approfondie a été réalisée. Celle-ci vise à identifier les différents genres fongiques détectés, à évaluer leur représentativité au sein de la communauté microorganismes, et à mieux comprendre leur rôle potentiel dans le processus de décomposition organique

Notre travail consiste à réaliser un essai de valorisation des biodéchets par compostage en utilisant deux apports carbonés grignons d'olive et les fientes de volailles (source de carbone et d'azote), le suivi des paramètres physico-chimiques, (pH, température, humidité) durant la phase thermophile, et isolement et identification de la microflore fongique des composts.

Ce travail est la suite du travail de HIKEM et SMAIL de l'année 2023/2024 rentre dans le cadre des thèmes de recherche développés au niveau du laboratoire Ressources Naturelles, où nous avons réalisé la partie pratique d'identifications de la faune et la flore des composts

Nous avons subdivisé ce mémoire en 4 chapitres.

- Le chapitre 1 est consacré aux notions de base liées au compostage, les phases et les paramètres physico-chimiques...
- Le chapitre 2 concerne la présentation des caractéristiques des champignons de manière globale et leur relation avec le compostage
- Le chapitre 3 présente le matériel et les méthodes utilisés lors de ce travail expérimental.
- Le chapitre 4 est dédié aux résultats obtenus et à la discussion de ces derniers.

Ce travail se termine par une conclusion.

Chapitre 01. Le compostage

1.1 Introduction

Le compostage est un processus complexe dont la définition varie selon les auteurs, en fonction du caractère naturel des transformations observées, des réactions biochimiques ou la maîtrise de la technique par l'homme.

Selon Gotschall *et al.* (1991), le compostage correspond à la culture de la faune et de la flore naturelles du sol, activées par l'aération du tas. Mustin (1987) le définit comme un procédé biologique assurant la décomposition des constituants organiques des sous-produits. Quant aux chercheurs suisses Gobat *et al.* (1998), ils considèrent le compostage comme un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, en les optimisant, des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes.

La définition la plus précise du processus reste celle proposée par Godden (1986), qui désigne par le compostage un processus de transformation biologique de matériaux organiques divers. Il s'agit d'un processus oxydatif incluant une phase thermophile. Les principaux produits formés sont le CO₂ et un produit stabilisé, appelé « compost mûr ». Les déchets organiques initiaux sont colonisés et transformés par une succession de populations microbiennes distinctes, chacune modifiant le milieu avant d'être remplacée par d'autres, mieux adaptées aux nouvelles conditions.

Le compostage est donc un processus de décomposition et de transformation contrôlées de déchets organiques biodégradables d'origine végétale et/ou animale, sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant en milieu aérobie.

1.2 Phases du processus de compostage

Le processus de compostage se déroule en quatre phases distinctes comme illustré dans la figure 1, ce processus peut être décrit comme suit :

- **Phase mésophile (A) :** il s'agit de la phase initiale du compostage, durant laquelle les matières premières sont colonisées par des micro-organismes mésophiles indigènes, principalement des bactéries et des champignons. Leur activité entraîne une élévation de la température, qui passe de 10-15 °C à 30-40 °C, ainsi qu'un dégagement important de CO₂, provoquant une diminution du rapport C/N et une acidification du substrat. La dégradation de la cellulose durant cette phase est responsable de plus de 75 % de la perte de poids sec (Znaidi, 2002).
- **Phase thermophile (B) :** cette phase se développe au centre du tas, où la température atteint des valeurs élevées, de l'ordre de 60 à 70 °C pour les composts. À ces températures, seuls les micro-organismes thermotolérants ou thermophiles survivent. Cette phase favorise le développement des actinomycètes et des bactéries thermophiles (Znaidi, 2002).
- **Phase de refroidissement (C) :** cette phase constitue une transition entre la phase thermophile et la phase de maturation. Elle se caractérise par un retour progressif à la température ambiante. Le milieu est alors recolonisé par des micro-organismes mésophiles, qui poursuivent la dégradation des polymères non transformés lors de la phase thermophile et incorporent l'azote dans des molécules complexes (Znaidi, 2002).

- **Phase de maturation (D) :** cette phase présente une faible activité microbologique et est marquée par une recolonisation du milieu par des champignons. Elle est également propice à l'installation du macrofaune, notamment des lombrics, lorsque ceux-ci sont présents dans l'environnement du tas. Durant cette période, les matières organiques sont stabilisées et subissent une humification progressive par rapport aux matières initiales mises en compostage. La durée de maturation est variable et dépend de la composition des matières premières (Znaidi, 2002) (Fig. 1).

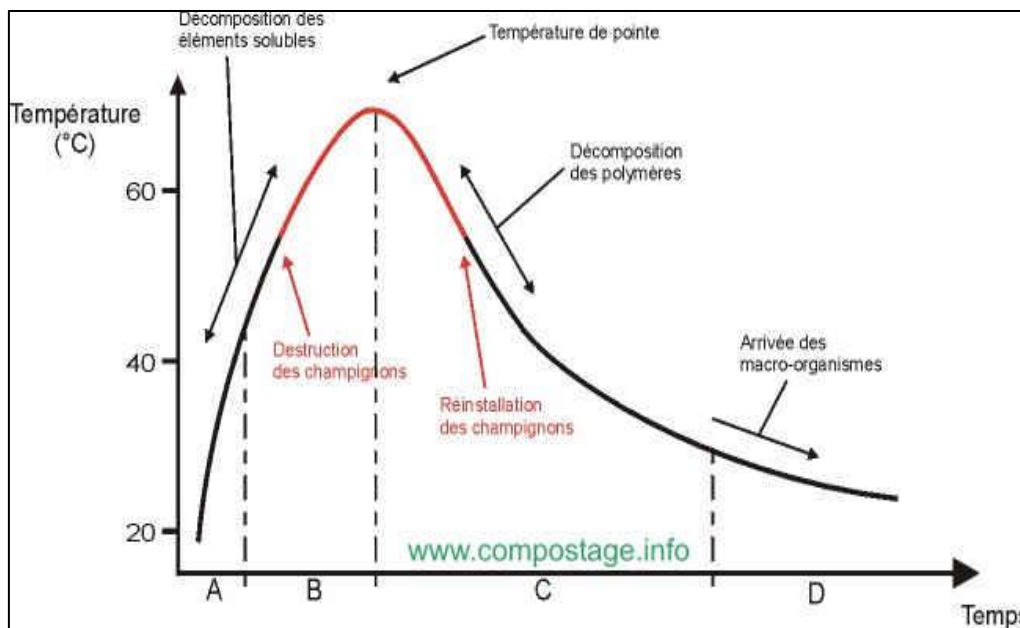


Figure 1. Les phases du compostage (Maystre *et al.*, 1994)

1.3 Paramètres physico-chimiques influençant le compostage

Le compostage est un processus biologique influencé par plusieurs paramètres physico-chimiques, parmi ces facteurs nous citons :

- **La teneur en eau ou humidité :** l'humidité optimale pour le compostage est située entre 40% et 60% (Mustin, 1987), Lors du compostage, une partie d'énergie calorifique dégagée sert à l'évaporation de l'eau qui est évacuée en grande partie à l'extérieur du compost ce qui provoque son assèchement, et pour compenser cette perte excessive en eau, l'arrosage du compost est indispensable (El Fels, 2014), par contre, une teneur en eau trop importante (au-dessus de 70%) provoque la saturation des espaces lacunaires du substrat et limite ainsi l'apport d'oxygène au milieu, ce qui crée des conditions favorables à l'anaérobiose et engendre un ralentissement de l'activité biologique (Richard *et al.*, 2002 ; Mason., 2006).
- **Rapport C/N :** pour que la dégradation des matières organiques soit idéale et rapide, un rapport C/N initialement équilibré doit être assuré. Au cours du processus de compostage, les bactéries utilisent le carbone comme source d'énergie et l'azote comme

source protéique (Mustin, 1987). Le rapport C/N exprime la proportion entre le carbone et l'azote bio-disponible (Charnay, 2005).

- **Apport d'oxygène** : la présence d'oxygène est indispensable au bon déroulement du compostage pour maintenir les conditions aérobies nécessaires à une décomposition rapide et inodore (Charnay, 2005). Pour assurer une activité biologique aérobie, un taux d'oxygène lacunaire de l'ordre de 5% doit être ajusté (Tomati *et al.*, 1995). Pour apporter de l'oxygène au contenu du compost, il faut assurer l'aération par divers moyens : retournements mécaniques, brassage, aération forcée ou pilotée (Bari & Koenig, 2001).
- **pH** : les déchets organiques compostables ont généralement un pH qui varie entre 4,5 et 6 (Ekland *et al.*, 1997). L'acidité est due à la présence d'acides organiques contenus dans les matières premières, tels que les acides lactiques et acétiques (Beck-Friis *et al.*, 2003).
- **Température** : l'évolution de la température au cours du processus de dégradation a un effet sur la succession des différentes communautés microbiennes (Mustin, 1987). Lors de l'oxydation des matières organiques, les microorganismes produisent de l'énergie dégagée sous forme de chaleur (Culot & Lebeau, 1999). La température de compost dépend de la quantité de chaleur produite lors de la dégradation de déchet fermentescible et de son pouvoir calorifique (Pujol, 2012) et des échanges de chaleur avec l'extérieur qui sont influencés par l'aération et le procédé de compostage (Berthe, 2007).

Bien que le compostage soit une pratique ancienne qui fonctionne souvent de manière autonome, une meilleure connaissance du microbiote impliqué est essentielle pour améliorer à la fois l'efficacité du processus et la qualité du produit final, car les composts ne sont pas seulement des amendements organiques aux propriétés physico-chimiques spécifiques, mais aussi des écosystèmes dynamiques riches en diversité microbienne, jouant un rôle clé dans la décomposition de la matière organique et le cycle des nutriments (Ryckeboer, 2003).

1.4 Description et diversité biologique des organismes du compost

Plusieurs groupes de macro-organismes interviennent dans la dégradation de la matière organique au cours du processus de compostage. Ces organismes contribuent à la fragmentation des substrats, favorisent l'aération du compost et stimulent l'activité microbienne. Parmi eux, on retrouve notamment : les lombrics, les insectes, les acariens, les gastéropodes, les myriapodes, les crustacés et les nématodes (Michaud, 2007).

a. Les bactéries

Les bactéries sont omniprésentes et largement dominantes en termes de diversité et d'abondance tout au long du processus de compostage (Mustin, 1987). Elles sont typiquement unicellulaires et présentent une taille variant de 0,5 à 3 μm . Leur petite taille leur confère un

rapport surface/volume très élevé, favorisant ainsi des transferts rapides de substrats solubles à l'intérieur de la cellule, ce qui leur permet généralement de prédominer sur des micro-organismes de plus grandes dimensions, tels que les champignons (Tuomela *et al.*, 2000). Elles demeurent actives durant l'ensemble du cycle de compostage, avec une prolifération particulièrement marquée lors des phases de températures élevées, qui favorisent leur développement.

b. Les actinomycètes

D'après Mustin (1987), les actinomycètes, qui sont des bactéries filamenteuses, interviennent plus tardivement que les autres micro-organismes et leur multiplication est plus lente. Ils sont principalement actifs aux stades avancés du compostage et se spécialisent dans la dégradation des structures organiques les plus résistantes, telles que la cellulose, l'hémicellulose et la lignine, qui sont notamment les principaux constituants du bois (Deloraine, 2002).

c. Les champignons

Les champignons sont fréquemment observés dans les systèmes de compostage, principalement lors de la phase de maturation, lorsque la température diminue et que les substrats disponibles se limitent aux polymères complexes. Ils jouent un rôle essentiel dans la dégradation des matières réfractaires à l'action bactérienne. Toutefois, ils ne tolèrent pas des températures supérieures à 50 °C, ce qui explique l'apparition des champignons macroscopiques à la surface du compost. Ces structures visibles ne sont que la manifestation externe du mycélium microscopique présent à l'intérieur du compost. Par ailleurs, les champignons sont les seuls micro-organismes capables de se développer dans un compost plus sec (Slimani, 2005).

1.5 Dynamique et fonctions des micro-organismes pendant le compostage

Le processus de compostage est initié par des micro-organismes hétérotrophes mésophiles (Atlas et Bartha, 1993). La première phase du compostage est une phase de dégradation, caractérisée par une activité microbienne intense dominée principalement par les champignons. Ces derniers dégradent les composés les plus facilement biodégradables, tels que les protéines, les lipides et les glucides (Mustin, 1987).

Sous l'effet du métabolisme microbien, la température du compost augmente et peut atteindre des valeurs comprises entre 50 et 80 °C (Suler et Finstein, 1977 ; Mustin, 1987). À mesure que la température s'élève, les populations de micro-organismes thermophiles remplacent progressivement les populations mésophiles (Atlas et Bartha, 1993).

Selon Mustin (1987), la phase thermophile est de courte durée et est suivie d'une diminution progressive de la température. Par la suite, le compost entre dans la phase de maturation, caractérisée par un ralentissement de l'activité microbienne dû à l'épuisement des substrats facilement assimilables.

À ce stade, seuls subsistent des composés plus difficiles à dégrader, comme la lignine et la cellulose. Les champignons, qui tolèrent mal les températures élevées et une forte teneur en eau, sont principalement actifs durant la phase de maturation, où ils assurent la dégradation des

polymères complexes. Quant aux actinomycètes, ils apparaissent essentiellement lors des phases thermophiles et de maturation (Mustin, 1987).

Le tableau suivant (Tab. 1) résume les caractéristiques des différents microorganismes présents dans le compost.

Tableau 1. Flores contribuant au compostage (Mustin, 1987)

	Caractéristiques
Bactéries	<ul style="list-style-type: none"> - Toujours présente dans les composts et largement dominantes en qualité et en quantité. - Forte croissance si C/N est faible et l'humidité est élevée. - Large spectre d'activité sur une large gamme de pH.
Champignons	<ul style="list-style-type: none"> - Dominants si C/N est élevé (dégradation de la cellulose et de la lignine) - Capable de croître avec des taux d'humidité plus bas. - Tolérance d'une large gamme de pH (2-9)
Actinomycètes	<ul style="list-style-type: none"> - Attaquent des substances non dégradées par les bactéries et les champignons. - Neutrophiles - Développement dans les phases finales du compost
Algues	<ul style="list-style-type: none"> - Organismes chlorophylliens - Retrouvés en surface et dans les premiers centimètres de la couche superficielle. - Utilisant des sels minéraux
Protozoaires	<ul style="list-style-type: none"> - Grand groupe hétérogène d'unicellulaires mobiles de petites tailles. - Besoin d'un milieu humide
Cyanophycées	<ul style="list-style-type: none"> - Procaryotes proches des bactéries. - Abondance avec une activité des bactéries

Chapitre 02. Le règne des Fungi

2.1 Introduction

Les champignons présentent une grande diversité morphologique et fonctionnelle, ce qui en fait des organismes uniques jouant un rôle crucial dans les écosystèmes (Nasraoui, 2015). Avec une estimation de 1,5 million d'espèces, ils constituent le deuxième règne le plus diversifié dans le monde vivant (Chapman, 2009 ; Mora *et al.*, 2011). Cependant, leur connaissance reste incomplète : seulement 14% de ces espèces ont été décrites à ce jour (Tedersoo *et al.*, 2010). Ce sous-échantillonnage s'explique par des difficultés de culture en laboratoire, un manque de recherches approfondies et une couverture inégale des biotopes (Hawksworth et Rossman, 1997 ; Hawksworth, 2001).

Les champignons sont des organismes eucaryotes, unicellulaires ou pluricellulaires, dépourvus de chlorophylle. Leur mode de nutrition est absorbotrophe : ils sécrètent des enzymes digestives pour dégrader la matière organique en nutriments, qu'ils absorbent ensuite. Étant non photosynthétiques, ils sont hétérotrophes au carbone et dépendent d'autres êtres vivants pour leur nutrition carbonée (Schneider-Maunoury, 2019). Leur mode de vie est majoritairement saprophyte ou commensal, mais ils peuvent devenir parasites dans certaines conditions (Meradji, 2022).

2.2 Conditions de développement des champignons

Le développement des champignons filamenteux, incluant la croissance mycélienne, la sporulation et les processus métaboliques, est régulé par divers facteurs interdépendants (Brock *et al.*, 1994 ; Dix et Webster, 1995). D'un point de vue nutritionnel, ces organismes requièrent des composés organiques et des ions minéraux qui, bien que présents en faibles quantités, sont essentiels à leur croissance (Martin et Nehls, 2009). Les conditions physico-chimiques jouent également un rôle primordial : la plupart des espèces montrent une préférence pour des pH acides (4,5-8), avec un optimum entre 5 et 6, bien que certaines comme *Aspergillus niger* puissent croître dans des environnements extrêmement acides (pH 1,7-2) (Dix et Webster, 1995). L'activité hydrique (A_w) constitue un autre paramètre critique, avec des seuils minimaux variant selon les espèces (0,8 pour *Penicillium martensii* et *Aspergillus nidulans* contre 0,75 pour *A. candidus*) (Carlile et Watkinson, 1996). Les exigences thermiques présentent une grande variabilité interspécifique : alors que la majorité des champignons sont mésophiles (25-35°C) (Botton *et al.*, 1999 ; Julien, 2002), certains sont thermophiles (>50°C) ou psychrotolérants (-5 à 10°C) (Botton *et al.*, 1999). Bien que la lumière (380-720 nm) n'affecte pas la croissance végétative, elle influence significativement la sporulation et la germination des spores (Botton *et al.*, 1999). Ces multiples adaptations expliquent leur remarquable capacité à coloniser des niches écologiques diversifiées.

2.3 Organisation végétative des champignons

Les champignons présentent une organisation structurale diversifiée se manifestant principalement sous deux formes : unicellulaire (levures) et pluricellulaire (mycélium) (Redecker, 2002). La forme levure représente l'expression la plus simple d'organisation fongique, tandis que la forme mycélienne, plus complexe, se subdivise en deux types structuraux distincts. Le thalle siphonné (ou coenocytique) se compose de filaments aseptés (5-20 μm de diamètre) présentant des ramifications à angle droit, pouvant exceptionnellement

développer des cloisons rudimentaires isolant les zones sénescentes, et caractérise les siphomycètes (Moulinier, 2003 ; Bouchet *et al.*, 1999). Le thalle septé (ou articulé), quant à lui, est constitué de filaments plus fins (2-10 μm) régulièrement cloisonnés par des septa, chaque compartiment contenant typiquement un ou deux noyaux, et définit les septomycètes (Moulinier, 2003). Cette diversité structurale reflète l'adaptation des champignons à différents modes de vie et niches écologiques (Fig. 2).

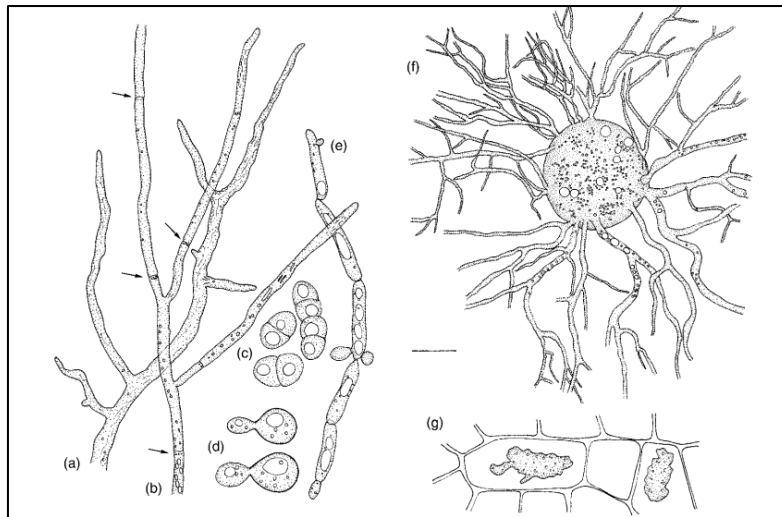


Figure 2. Différentes formes de croissance des champignons. (a) Hyphe asepté. (b) Hyphe ramifié septé. (c) Cellules de levure se divisant par fission binaire. (d) Cellules de levure se divisant par bourgeonnement. (e) Pseudohyphe, considéré comme un stade intermédiaire entre les cellules de levure et les véritables hyphes. (f) Thalle de Chytridiomycota (Webster & Weber, 2007).

2.4 La reproduction chez les champignons

La reproduction fongique constitue un mécanisme essentiel permettant la pérennité et la diversification des espèces. Chez les Mycètes, ce processus biologique se manifeste sous deux formes principales : la reproduction asexuée et sexuée (Moore, 2011). Ces deux modes présentent des caractéristiques distinctes en termes de mécanismes cellulaires et d'implications évolutives (Fig. 3).

La reproduction asexuée, ne faisant pas intervenir de fusion gamétique, comprend plusieurs mécanismes : bourgeonnement (principalement chez les levures), division mitotique, fragmentation du mycélium et production de spores spécialisées comme les conidies et sporangiospores (Carip *et al.*, 2015). La dissémination de ces spores s'effectue principalement par transport éolien (mode dominant), mais aussi via des vecteurs animaux (notamment les insectes) ou des associations symbiotiques avec des graines végétales (Dube, 2013).

Quant à la reproduction sexuée, plus complexe génétiquement, elle se déroule en trois étapes successives : (1) la plasmogamie, marquée par la fusion cytoplasmique de cellules haploïdes compatibles formant un dicaryon à deux noyaux distincts (Jennings et Lysek, 1996) ; (2) la caryogamie, caractérisée par la fusion nucléaire aboutissant à un noyau diploïde

transitoire (Chabasse *et al.*, 2002) ; et (3) la méiose, produisant finalement quatre cellules haploïdes génétiquement recombinaées (Dube, 2013). Cette forme reproductive confère aux champignons une remarquable adaptabilité écologique.

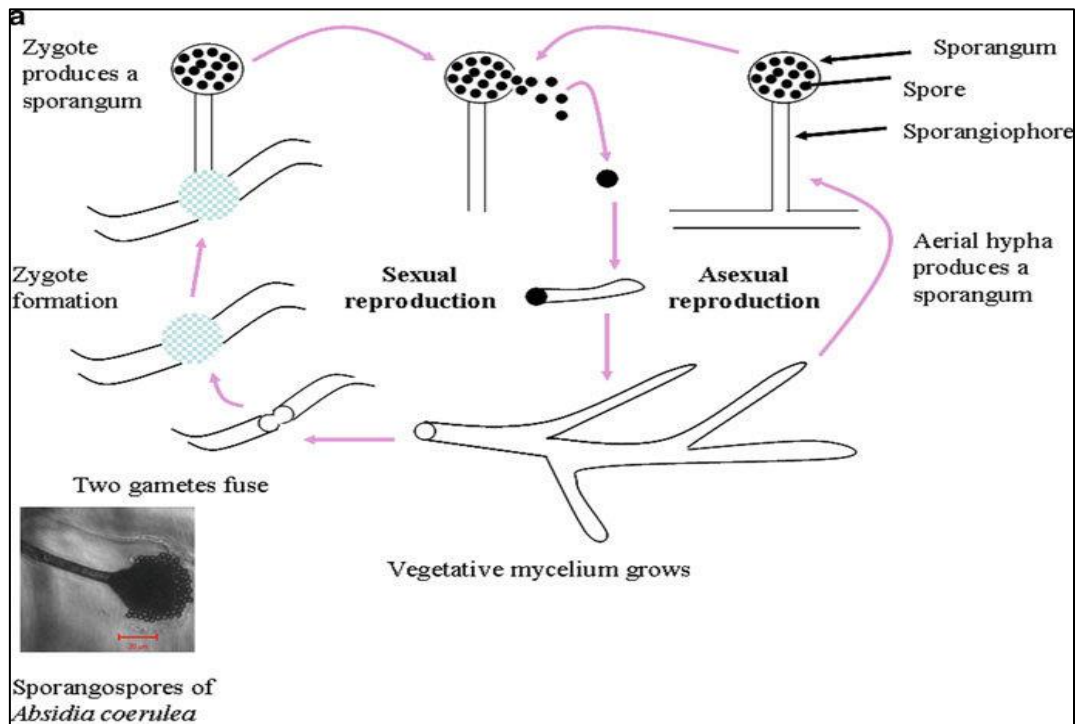


Figure 3. Cycle de vie des champignons, reproduction asexuée et sexuée des champignons (Nwe *et al.*, 2011).

2.5 La classification des champignons

La classification des espèces appartenant au règne fongique a connu de nombreuses modifications. Elle est basée essentiellement sur des critères morphologiques, et avec le développement de la biologie certaines approches modernes d'identification et de classification se sont développées, telles que les études biochimiques, immunologiques, phylogénétiques, moléculaires et les tests sérologiques, qui sont des outils de confirmation des données morphologiques (Tabuc, 2007). Cette classification est considérablement simplifiée en cinq phyla : Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota et Basidiomycota définis par le caractère cloisonnement ou non du thalle, la présence ou l'absence de spores mobiles et les caractères morphologiques des organes différenciés de la reproduction sexuée (Lecler *et al.*, 1983) (Fig. 4).

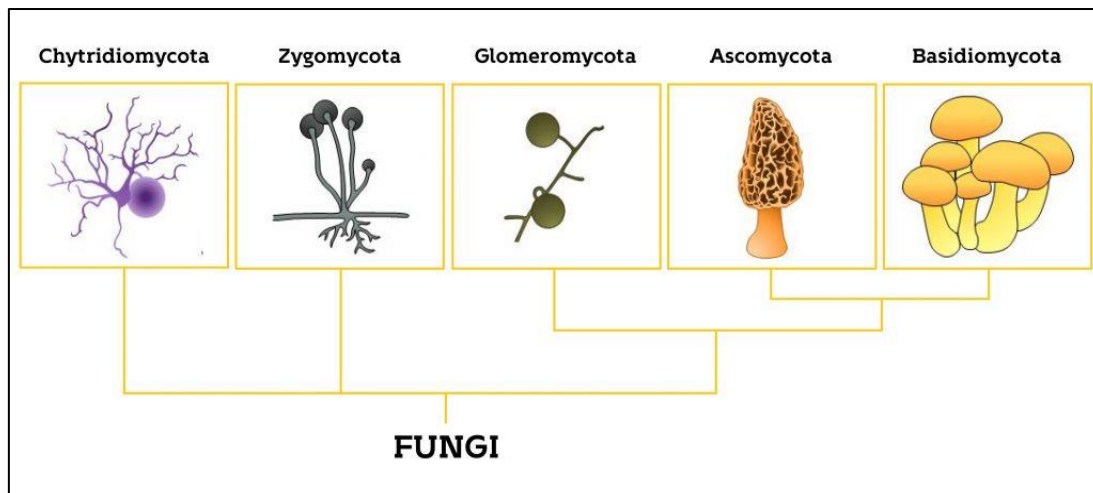


Figure 4. Les cinq phyla du règne des Fungi (Microbiote GreenCell, 2021).

Chytridiomycota

Ce phylum contient 1000 espèces approximativement, il regroupe les champignons primitifs à thalle unicellulaire ou filamenteux siphonné, ainsi que les champignons aquatiques (Sénéquier-Crozet et Canard, 2016). C'est un groupe d'espèces fongiques produisant des zoospores constituant la lignée évolutive la plus ancienne des champignons (James *et al.*, 2006). Les cellules mobiles possèdent le plus souvent un seul flagelle postérieur lisse. Les parois cellulaires sont formées de chitine, mais il peut exister aussi d'autres polymères et leurs réserves sont composées de glycogène. Ils vivent dans les habitats aquatiques et terrestres (Lutzoni *et al.*, 2004) (Fig. 5).

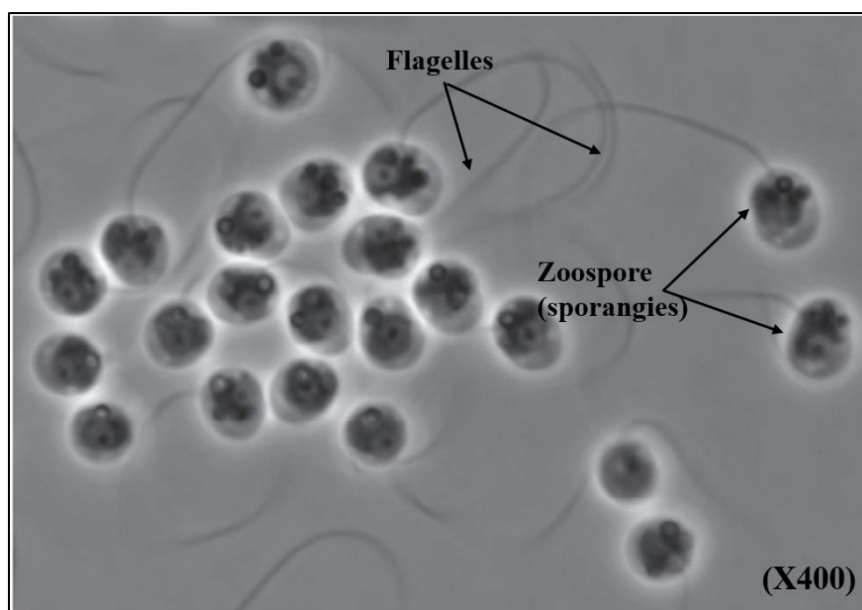


Figure 5. Zoospore de chytride d'eau douce. Joyce Longcore, University of Maine (Money, 2016).

Glomeromycota

Anciennement, les organismes de ce phylum étaient placés au sein des Zygomycota, dans l'ordre des Glomérales, un ordre qui regroupait les champignons mycorhiziens à arbuscules (Morton et Benny, 1990). Une analyse phylogénétique a démontré la monophylie de l'ensemble de ces champignons, ce qui a permis d'ériger un nouveau phylum : les Glomeromycota (Schüßer *et al.*, 2001). Lorsque les conditions sont favorables, les spores germent et développent un mycélium court pour tenter de trouver une racine hôte convenable. Les Glomeromycota sont des symbiotes obligatoires, ce qui signifie qu'ils ne peuvent pas survivre sans leur partenaire photosynthétique (Roehl, 2017) (Fig. 6).

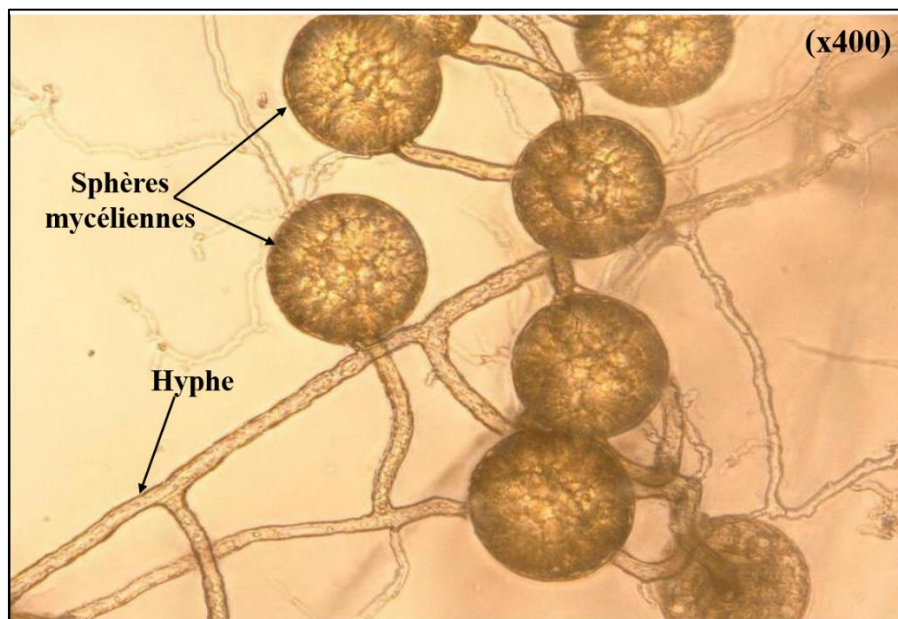


Figure 6. Aspect général des champignons mycorhiziens (Nora Durbecq, 2023)

Zygomycota

Ce phylum contient 1065 espèces approximativement, il regroupe les espèces ayant un thalle filamenteux, siphonné et des spores non flagellées (Sénéquier-Crozet et Canard, 2016) (Fig. 7). Leurs modes de reproduction est asexué par les sporocystospores immobiles formés dans des sporanges, ou par la formation de chlamydo-spores, arthrospores et les cellules levuriformes, et sexuellement par la formation des zygospores dans les zygosporangia après la fusion gamétangiale ou des zygospores sans conjugaison préalable (Taylor *et al.*, 2014).

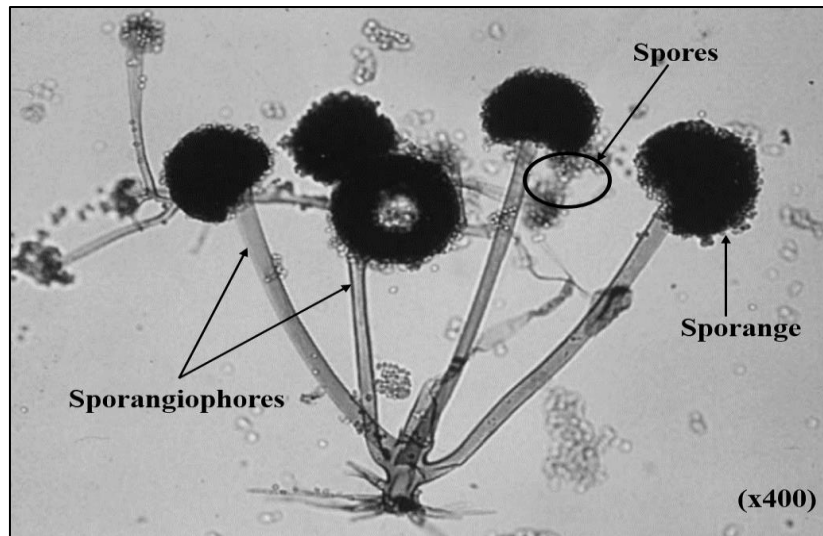


Figure 7. Aspect général des Zygomycètes (*Rhizopus*) (Volk, 2001)

Les Basidiomycota, un phylum de champignons terrestres, compte environ 31 000 espèces répertoriées, caractérisées principalement par un mode de vie saprophyte (Medjeber, 2019). Ces champignons se distinguent par la présence de cloisons complètes qui isolent les structures reproductrices, telles que les spores. La reproduction sexuée chez les Basidiomycota implique la formation de quatre basidiospores. Ces Basidiomycètes jouent un rôle crucial en tant qu'élément fongique prédominant dans la formation des ectomycorhizes, établissant des associations symbiotiques bénéfiques avec les racines des plantes (Raven *et al.*, 2007) (Fig. 08).

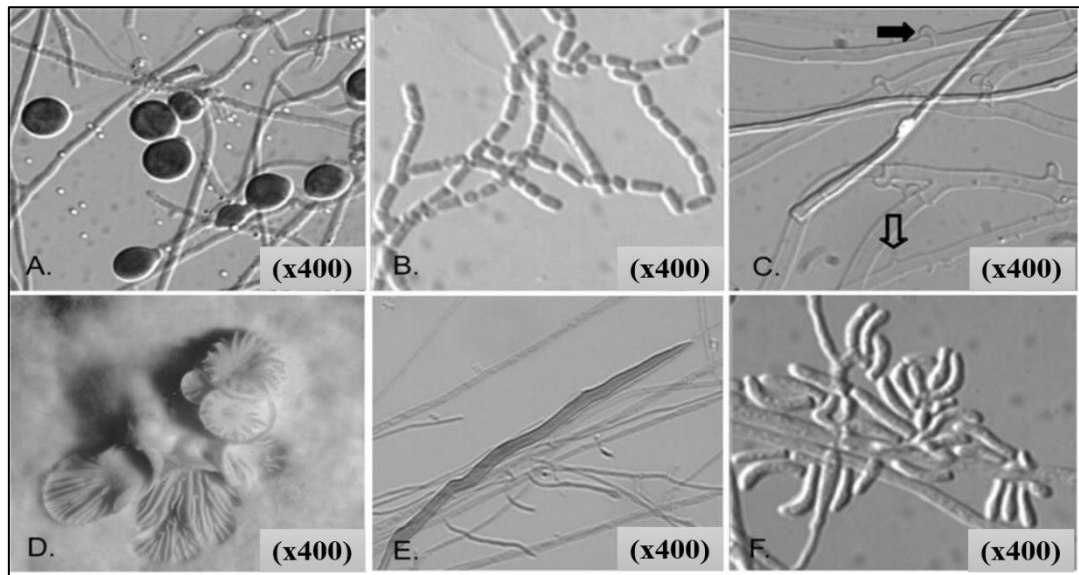


Figure 8. Caractéristiques morphologiques typiques des basidiomycètes en culture. Les caractéristiques morphologiques que les basidiomycètes peuvent présenter en culture sont présentées. Les caractéristiques microscopiques comprennent les chlamydoconidies (A), les arthroconidies (B), les spicules (flèche ouverte) et les connexions clamp (flèche pleine) de *Schizophyllum commune* (C), le basidiocarpe macroscopique d'un isolat dicaryote de *Schizophyllum commune* (D), les hyphes sotaes d'*Inonotus (Phellinus) tropicalis* (E) et les conidies de l'anamorphe *Hormographiella* d'un *Coprinus* sp.

Ascomycota

C'est le plus grand phylum de Fungi avec 45000 espèces décrites, ce sont des champignons terrestres et aquatiques, dont de nombreuses espèces sont utilisées en agroalimentaire ou en pharmacologie (Le Calvez, 2009). Et leur mode de vie comprend une large distribution de saprophytisme et de parasitisme et peuvent être aussi symbiotique. Ils possèdent des thalles unicellulaires ou pluricellulaires, filamenteux et septés et ils forment en cas de reproduction sexuée des cellules différenciées appelées asques, qui après caryogamie puis méiose, produisent des spores (8 ascospores) (Botton *et al.*, 1990) (Fig. 9).

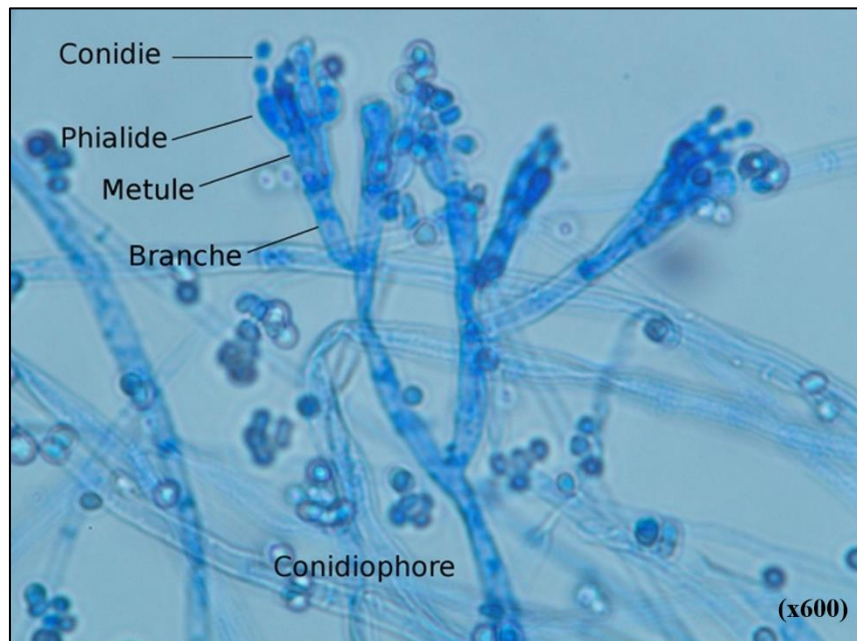


Figure 9. *Penicillium Camembertii* (Dominique, 2012)¹.

2.6 Le mode de vie des champignons

Les champignons, en raison de leur mode de vie hétérotrophe, ont développé divers modes de vie on en distingue 3 (Fig. 10).

- **Champignons saprophytes** : les champignons se nourrissent de matières organiques mortes, ce sont des détritivores qui dégradent des substrats très variés. Ils participent à l'élaboration de l'humus des sols (Khalid, 2011)
- **Champignons parasites** : ils s'accroissent aux dépens d'autres cellules vivantes. Ils causent des dégâts considérables notamment aux plantes cultivées (Khalid, 2011).
- **Champignons symbiotiques** : c'est-à-dire qu'elle établit avec une autre espèce un équilibre à bénéfices réciproques (Adnan *et al.*, 2022).

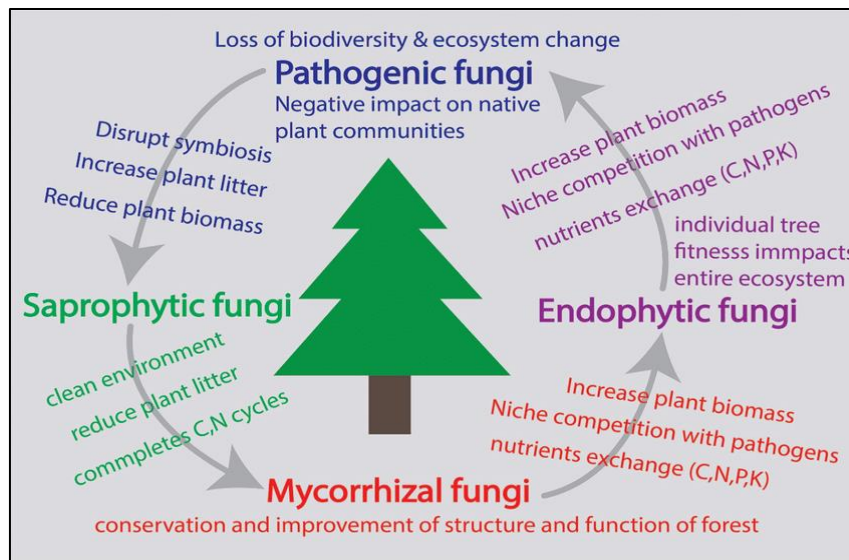


Figure 10. Diversité des modes de vie des champignons (Adnan *et al.*, 2022).

2.7 Champignons et compost

L'utilisation des champignons dans le compostage est une pratique durable qui profite à l'environnement. En recyclant les déchets organiques en compost riche en nutriments, on réduit les déchets mis en décharge, améliore la santé des sols et promouvoir des pratiques de jardinage durables (Lamontagne, 2024).

Les champignons, par leur croissance filamenteuse et leurs enzymes hautement efficaces, jouent un rôle déterminant dans la décomposition accélérée des matières organiques lors du compostage (Taneja *et al.*, 2023). Leur capacité à coloniser rapidement le substrat favorise la transformation des déchets biodégradables en composés stables, similaires à l'humus, tout en préservant l'environnement. Cette activité fongique, en dégradant les structures complexes (ex. lignocellulose), permet non seulement de stabiliser la matière organique, mais aussi de libérer des nutriments essentiels, contribuant ainsi à l'amélioration de la fertilité du compost (Wright *et al.*, 2016).

Voici quelques avantages clés de l'utilisation de champignons dans le compost d'après Lamontagne (2024)

- **Décomposition accélérée :** le mycélium accélère la dégradation de la matière organique, réduisant ainsi le temps de compostage.
- **Teneur en nutriments améliorée :** le compost de champignons est riche en nutriments comme l'azote, le phosphore et le potassium, essentiels à la croissance saine des plantes.
- **Structure du sol améliorée :** le compost de champignons améliore l'aération du sol, la rétention d'eau et la structure globale, favorisant un développement robuste des plantes.
- **Résistance aux ravageurs et aux maladies :** Les microbes bénéfiques contenus dans le compost de champignons peuvent aider à supprimer les ravageurs et les maladies transmises par le sol, favorisant ainsi un environnement de jardin plus sain.

Chapitre 03. Matériel et méthodes

3.1 Description de la zone de mise en tas

Les opérations de compostage ont été réalisées dans la commune de Freha (36°45'08"N, 4°18'58"E), située dans la wilaya de Tizi-Ouzou, en Kabylie (Algérie). Elle est délimitée au nord par la commune d'Aghribs, au sud par les communes de Mekla et de Tizi Rached, à l'est par la commune d'Azazga, à l'ouest par les communes de Tizi Ouzou et Ouaguenoun (Fig. 11).



Figure 11. Localisation géographique de la zone d'étude (Google Maps, 2025) ²

3.2 Synthèse climatique

L'étude des conditions climatiques d'une région est essentielle pour optimiser le processus de compostage, car des facteurs tels que la température, l'humidité relative, les précipitations influencent directement l'activité microbienne et la vitesse de dégradation de la matière organique.

3.2.1 Les températures

Les températures mensuelles moyennes enregistrées dans la région de Freha (Tizi Ouzou) pour la période observée sur la période qui s'étend de 1992 à 2021 sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Températures mensuelles moyennes de la région d'étude pour la période 1992-2021 (Climat-data, 2024) ³

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T moy m (°C)	6,3	6,1	8,2	10,3	13,3	17,1	20,5	21,2	18,6	15,5	10,5	7,5
T moy M (°C)	12,9	12,9	15,4	17,6	20,8	25,3	29	29,6	26,1	23	17	13,9
T moy (°C)	9,6	9,5	11,8	13,9	17,05	21,2	24,7	25,4	22,35	19,25	13,75	10,7

m : les températures minimales en degrés Celsius.

M : les températures maximales en degrés Celsius.

La région de Freha, située dans la wilaya de Tizi Ouzou (Algérie), bénéficie d'un climat méditerranéen, typique du nord du pays. D'après le tableau ci-dessus le mois le plus chaud de l'année est **août**, avec une température moyenne qui atteint **29,6 °C**, marquant ainsi le pic de chaleur annuel. En revanche, **janvier** est le mois le plus frais, avec une température minimale moyenne avoisinant les **6.1 °C**, traduisant une baisse significative du thermomètre en cette période hivernale.

3.2.2 Les précipitations

Le tableau 3 représente les précipitations mensuelles moyennes enregistrées dans la région de Freha (Tizi Ouzou) pour la période observée sur la période qui s'étend de 1992 à 2021

Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la région de Freha pendant la période allant de 1992 à 2021 ⁴

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc	Total
Précipitations (mm)	121	99	95	87	65	14	3	10	46	68	111	120	839

D'après le tableau, la quantité maximale de précipitations est observée au cours du mois de Janvier, affichant une valeur moyenne de 121 mm faisant de ce mois la période la plus arrosée de l'année. A l'inverse de Juillet, la quantité de précipitations est la plus faible, avec seulement 3 mm enregistré.

3.2.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson 1953

Afin de caractériser les conditions climatiques de la zone d'étude, un diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson a été établi, permettant de visualiser la répartition des périodes sèches et humides au cours de l'année. Ce diagramme repose sur une représentation graphique croisant les précipitations mensuelles (P, en mm) et les températures moyennes mensuelles (T, en °C). Il permet d'identifier les périodes de sécheresse selon la formule suivante : $P < 2T$, la saison sèche de la région de Freha est illustrée dans la figure 12.

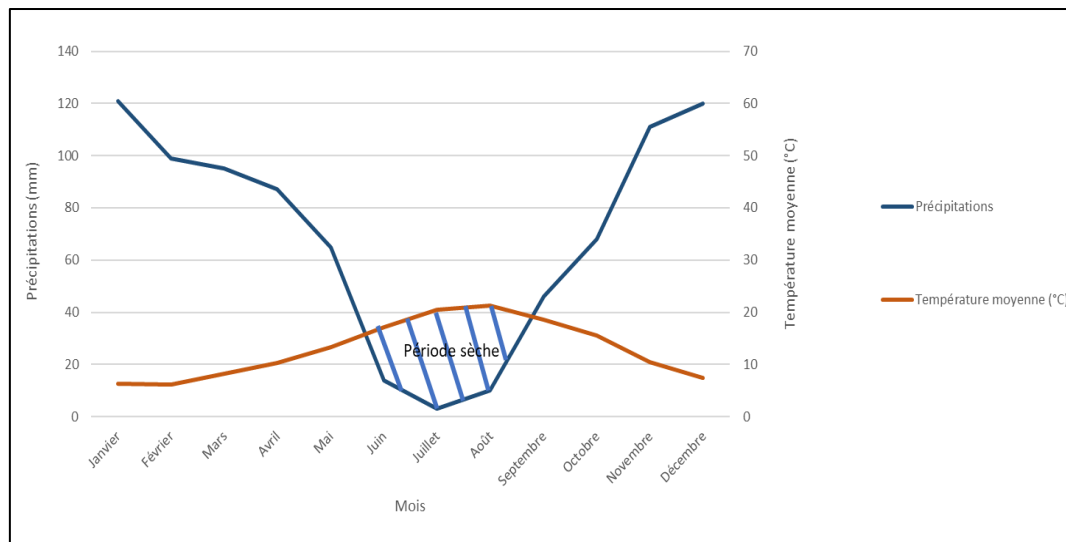


Figure 12. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pendant la période allant de 1992 à 2021

D'après le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен, la période sèche de la région de Freha est comprise entre le mois de juin et le mois de septembre.

3.2.4 Climagramme d'Emberger 1955

Le climagramme d'Emberger est un outil climatique conçu spécialement pour la région méditerranéenne. Il permet de caractériser les étages bioclimatiques (aride, semi-aride, subhumide, humide, etc.) à l'aide de précipitations et de températures extrêmes selon la formule suivante : $Q2 = 2000P / (M^2 - m^2)$, avec :

- P représente les précipitations annuelles en millimètres,
- m est la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°K),
- M est la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°K).

Le climagramme d'Emberger a été utilisé afin de déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, en se basant sur les précipitations annuelles ainsi que sur les températures moyennes des mois les plus chaud et le plus froid.

Élément	Valeur	Unité
Température maximale (M)	298,5	K
Température minimale (m)	282,6	K
M ²	89042,56	K ²
m ²	79862,76	K ²
M ² – m ²	9179,8	-
Précipitations annuelles totales (P)	839	mm
2000 × P	1678000	-
$Q_2 = (2000 \times P) / (M^2 - m^2)$	13669 / 839 000	-
Q₂	193,83	-

La région de Freha (Tizi Ouzou) appartient à l'étage bioclimatique humide à hiver doux (Fig. 13).

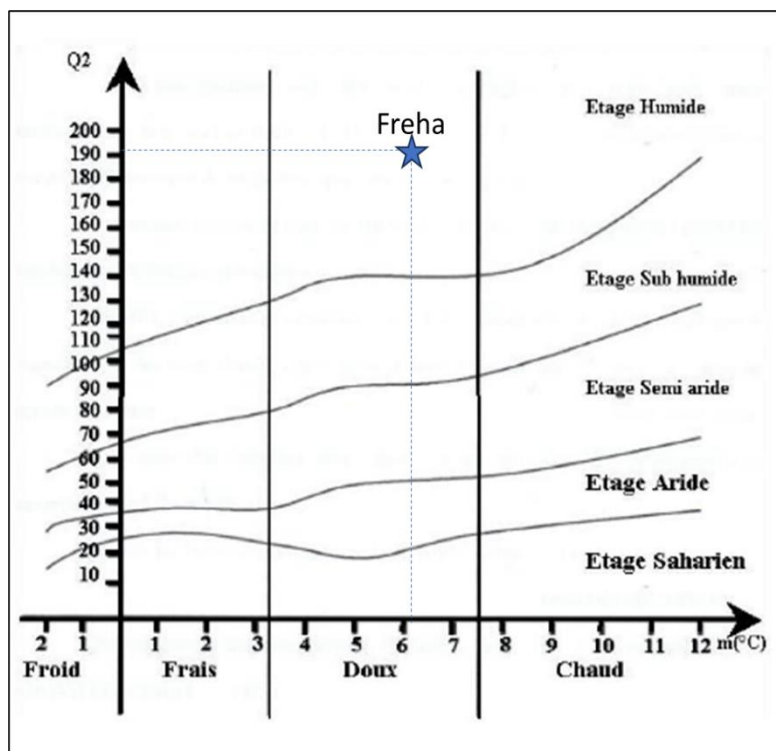


Figure 13. Climagramme d'Emberger de la région de Freha pendant la période allant de 1992 à 2021.

3.3 Description du site d'étude

Le terrain où la mise en tas du compost a eu lieu, se situe à la sortie de la ville, a une superficie de 700 m², il a été choisi pour sa facilité d'accès car c'est un terrain agricole plat dépourvue d'arbres, dont les coordonnées géographiques sont 36°45'08.0"N 4°18'58.0"E (Figure 14).

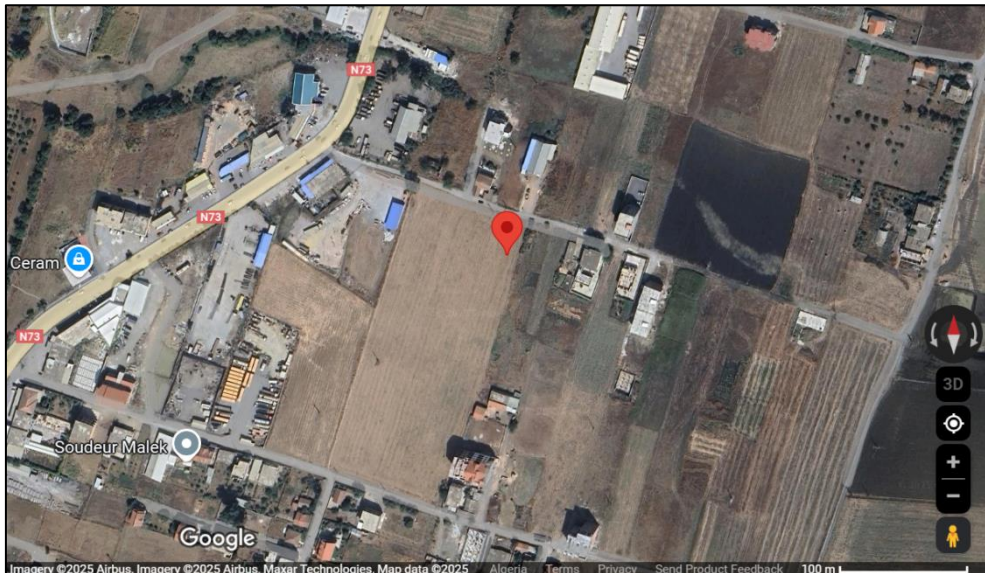


Figure 14. Localisation du terrain de la mise en tas (Googlemaps, 2025) ⁵

3.4 Préparation du compost

3.4.1 Mise en tas

Les tas de compost ont été constitués le 28 janvier 2025, en début de saison humide, ce qui a permis de bénéficier de conditions climatiques favorables à l'activité microbienne, notamment une humidité relative élevée et des températures modérées. Cette période est propice au développement des champignons, qui jouent un rôle crucial dans la décomposition de la matière organique.

Le processus de compostage a débuté avec la constitution de quatre tas expérimentaux composés de différentes proportions de déchets organiques (Fig. 15) :

Tas 01 : 12 caisses de déchets ménagers assimilés (DMA) + 7 caisses de grignon d'olive + 7 caisses de fiente de volaille

Tas 02 : 12,5 caisses de DMA + 10 caisses de grignon d'olive

Tas 03 : 12,5 caisses de DMA + 10 caisses de fiente de volaille

Tas 04 : 50 % grignon d'olive + 50 % fiente de volaille (très grand tas)

Ces mélanges ont été homogénéisés manuellement puis laissés en tas à l'air libre, conformément aux méthodes traditionnelles de compostage organique.



Figure 15. Les quatre tas de compost

3.3.2 Suivi des paramètres des composts

Le tableau ci-dessous (Tab. 4) présente l'évolution de la température interne et du pH mesurés dans chacun des quatre tas de compost (représentés par trois valeurs correspondantes aux mesures aux extrémités et au milieu du tas), depuis leur mise en place. Ces paramètres ont été suivis à différentes dates afin d'évaluer l'activité microbienne au cours du processus de compostage et de caractériser les conditions physico-chimiques influençant la colonisation fongique.

Tableau 4. Evolution de la température interne et du pH mesurés dans chacun des quatre tas de compost

Date	Tas	Température (°C)	pH	Observations
28/01/2025 Mise en tas	01	20,1/20,1/20,3	5/6/6	Temp. 18°C
	02	23,4/24/24,2	5/6/5/4/5	
	03	17,8/17/17,6	5/5/6/5	
	04	21/22/21	5/6/5/5	
30/01/2025 1er mélange du tas	01	64,5/60/62	4/5	Temp. 18°C
	02	45/42/42,2	0/4/0/4	
	03	33/16,2/18,5	0/4/0/4	
	04	49,5/61,4/59,5	5/5 + 5/5	
02/02/2025 2e mélange et 1er prélèvement	01	38/41/39	5/5/5	Temp. 10,7°C
	02	38,1/39/39,5	5/5/5	
	03	30/30/-	4	
	04	58/59/59,2	5/5/5	

Dans cette étude, chaque compost (T1, T2, T3, T4) a été échantillonné dans deux compartiments distincts :

- Zone active (A) : Partie centrale ou superficielle du compost où l'activité biologique est intense, généralement plus chaude (phase thermophile), avec un fort taux de dégradation de la matière organique.
- Zone non active (NA) : Partie périphérique, où l'activité microbienne est plus faible ou stabilisée, correspondant à la phase mésophile du compost.

Cela permet de comparer la diversité et l'abondance fongique selon le gradient d'activité biologique et de température à l'intérieur de chaque tas.

3.4.2 Prélèvements du compost

Quatre prélèvements ont été réalisés directement à partir des tas pour ce travail. Les champignons identifiés dans ce travail correspondent aux matériels fongiques initial de dégradation (phase thermophile), seulement.

- Mise en tas + échantillonnage de quelques composantes du compost : 28/01/2025
- Prélèvement 01 : le 2 février 2025

3.4.3 Prélèvement et transport

Des échantillons de compost ont été prélevés à l'aide de spatules stériles dans différentes zones du tas. Les échantillons du compost ont été placés dans des sachets plastiques stériles, et transportés jusqu'au laboratoire Ressources Naturelles, Faculté des sciences biologique et sciences agronomiques UMMTO pour l'isolement des champignons.

3.5 Isolement des champignons du compost

3.5.1 Préparation du milieu de culture

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé un milieu de culture semi-synthétique, le Potato Dextrose Agar (PDA) (Fig. 15), dont la composition standard est la suivante :

- 200 g de pommes de terre,
- 20 g de glucose,
- 20 g d'agar-agar,
- Eau distillée 1 litre.



Figure 16. Composants du PDA

Pour la préparation, 200 g de pommes de terre préalablement tranchées ont été bouillies dans 200 ml d'eau pendant 30 à 60 minutes, afin d'extraire les nutriments essentiels. Le bouillon obtenu a ensuite été filtré pour éliminer les résidus solides, puis complété avec de l'eau distillée jusqu'à un volume final d'un litre. À ce bouillon, nous avons ajouté 20 g de glucose et 20 g d'agar-agar en poudre.

Le mélange a été stérilisé par une étuve à 120 °C, pendant 30 minutes. Après refroidissement partiel, un antibiotique a été incorporé pour inhiber la croissance bactérienne. Enfin, le milieu a été versé dans des boîtes de Pétri stériles. Une fois l'agar solidifié et refroidi, les boîtes étaient prêtes à être utilisées pour l'inoculation fongique.

3.5.2 Méthode des suspensions-dilutions

L'isolement des champignons à partir du compost a été réalisé en suivant la méthode des suspensions-dilutions décrite par Rappilly (1968) (Fig. 16), adaptée pour un substrat organique semi-décomposé.

- Préparation de la suspension mère : 1 g de compost est introduit dans un tube contenant 9 mL d'eau distillée stérilisée.
- Le mélange est agité pendant 30 secondes à l'aide d'un vortex pour obtenir la première dilution (10^{-1}).
- Une série de dilutions décimales (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) est ensuite préparée en transférant 1 ml de la dilution précédente dans 9 ml d'eau stérile.
- Chaque dilution est bien homogénéisée avec le vortex avant ensemencement.



Figure 17. Matériels utilisés lors de la dilution

3.5.3 Mise en culture

À l'aide d'embouts stériles et en conditions aseptiques, 1 ml de chaque dilution est réparti sur des boîtes de Pétri contenant du PDA (Potato Dextrose Agar). Chaque dilution est répétée en trois répliques (R1, R2, R3).

- L'inoculum est étalé uniformément sur toute la surface du milieu
- Les boîtes sont étiquetées et incubées à température ambiante

Après incubation, les dilutions présentant un nombre représentatif de colonies fongiques sont sélectionnées pour l'identification morphologique macroscopique et microscopique des genres fongiques.

3.6 Identification macroscopique

Après incubation, les colonies fongiques obtenues sur les boîtes de Pétri ont été observées à l'œil nu pour une première description morphologique. Les critères utilisés pour la caractérisation comprennent :

- la forme de la colonie (circulaire, irrégulière, filamenteuse) ;
- la texture (cotonneuse, poudreuse, granuleuse) ;
- la couleur de la face supérieure et de la face inférieure ;
- la vitesse de croissance.

Ces observations ont permis un premier regroupement des colonies en morphotypes fongiques.

3.7 Identification microscopique

L'observation a été faite à l'aide d'un microscope optique à objectif de différents grossissements afin d :

- observer la structure du mycélium ;
- examiner la morphologie des spores, conidiophores, phialides, sporanges ou autres structures de reproduction.

3.8 Analyses statistiques

Afin de mieux comprendre la distribution des genres fongiques identifiés dans les différents tas de compost, des analyses statistiques ont été réalisées sur les abondances observées. Une analyse de la variance (ANOVA) a été conduite pour évaluer l'effet du mélange de substrats sur la diversité quantitative des champignons. En cas de différences significatives, un test de Newman et Keuls a été appliqué pour déterminer les groupes statistiquement distincts. Par ailleurs, une matrice de corrélation de Pearson a été établie afin d'identifier les relations linéaires entre les abondances relatives des genres fongiques, révélant les éventuelles co-occurrences écologiques ou exclusions compétitives. Enfin, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée afin de réduire la dimensionnalité des données et de visualiser l'organisation des assemblages fongiques en fonction des caractéristiques des tas de compost. Une seconde ACP a été conduite pour comparer la communauté fongique du compost de l'année 2025 avec celle du compost produit en 2024 par Hikem et Smail. Ces analyses ont permis d'identifier les principaux facteurs influençant la dynamique fongique tout au long du processus de compostage.

Chapitre 04.

Résultats et discussion

4.1 Abondances des genres fongiques

Afin de caractériser la diversité mycologique du compost étudié, une première approche descriptive a été réalisée. Celle-ci repose sur l'évaluation des abondances des genres fongiques recensés. Ces données permettent de dresser un premier portrait du cortège fongique, de repérer les genres dominants et d'identifier d'éventuelles tendances en fonction des conditions de compostage (température, stade de maturation, etc.).

Après deux mois d'incubation des prélèvements dans des boîtes de Pétri et l'observation macroscopique et microscopique des résultats, nous avons pu recenser neuf genres fongiques : *Agriella*, *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Galactomyces*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* et un genre non identifié (SNI), la plus part appartenant aux *Ascomycota*. Comme l'indique le tableau (Fig. 18 ; Tab. 5), le genre *Aspergillus* est le plus dominant dans l'ensemble des tas (Active et non active), avec un pourcentage de 69,17 %. Il est suivi par *Cladosporium*, qui occupe la deuxième place avec 7,22 %. *Candida* et *Galactomyces* se partagent la troisième position avec un pourcentage de 6,25 % chacun. D'autres genres fongiques sont également présents, mais avec des pourcentages relativement faibles.

Tableau 5. L'abondance des genres fongiques dans le composte (Etat actif et non actif)

Genres fongiques	Phylum	T1A	T1NA	T2A	T2NA	T3A	T3NA	T4A	T4NA	Abondance totale (%) ± E.S
<i>Agriella</i>	Ascomycota	5,55	0	0	33,33	0	0	0	0	4,86 ± 5,45
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	82,22	37,77	100	33,33	50	100	50	100	69,16 ± 13,72
<i>Candida</i>	Ascomycota	0	0	0	0	0	0	50	0	16,25 ± 8,26
<i>Cladosporium</i>	Ascomycota	10	27,77	0	20	0	0	0	0	7,22 ± 5,16
<i>Galactomyces</i>	Ascomycota	0	0	0	0	50	0	0	0	6,25 ± 8,26
<i>Mucor</i>	Mucoromycota	0	0	0	1,66	0	0	0	0	0,20 ± 0,27
<i>Penicillium</i>	Ascomycota	2,22	23,33	0	0	0	0	0	0	3,19 ± 3,82
<i>Rhizopus</i>	Mucoromycota	0	0	0	11,66	0	0	0	0	1,45 ± 1,92
SNI	/	0	11,11	0	0	0	0	0	0	1,38 ± 1,83

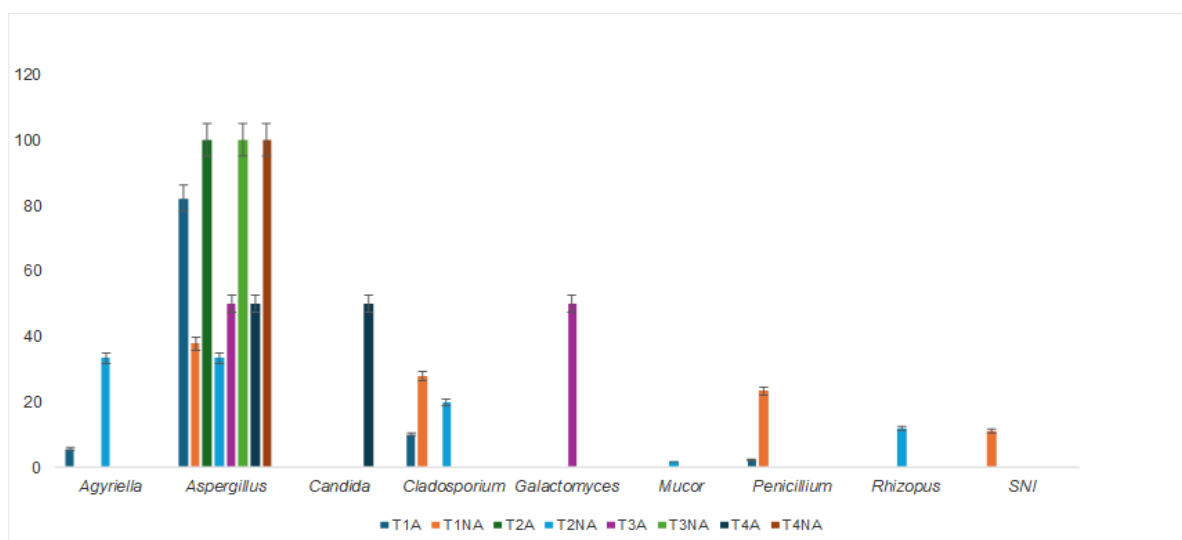


Figure 18. L'abondance des genres fongiques (%) recensés dans chaque tas de composte

L'abondance marquée du genre *Aspergillus* dans nos tas de compost au cours de la phase thermophile, atteignant 69,165 % de la diversité fongique, peut être expliquée par les caractéristiques écologiques et physiologiques de ce champignon. *Aspergillus* est un champignon saprophyte ubiquiste, fréquemment retrouvé dans les sols, les eaux et les matières organiques en décomposition. Sa capacité à coloniser efficacement divers substrats est renforcée par la structure particulière de ses conidies, de très petite taille, favorisant leur dispersion et leur résistance dans des environnements variés (Vonq, 2020).

Ce genre fongique présente une large plage de tolérance thermique, avec une croissance optimale observée autour de 37 °C, mais pouvant s'étendre entre 12 °C et 65 °C, ainsi qu'un pH de croissance allant de 2,1 à 8,8 (Jensen, 1931). Ces conditions correspondent précisément à celles observées dans les tas de compost durant la phase thermophile, qui résulte de l'auto-échauffement dû à l'activité microbienne intense. Par conséquent, les composts deviennent des niches écologiques idéales pour *Aspergillus*, qui y trouve à la fois la température, le pH et la matière organique nécessaires à son développement. De plus, ces environnements sont reconnus comme des sources majeures de spores de *Aspergillus*, en raison de sa thermotolérance et de sa compétitivité accrue dans ces conditions (Latgé, 1999 ; Kwon-Chung & Sugui, 2013).

D'après les travaux de Wang et al. (2022), au cours de la phase thermophile du compost (du 7e au 35e jour), l'abondance relative du genre *Cladosporium* a progressivement augmenté. Cette dynamique traduit un remplacement progressif des champignons initialement dominants par des espèces thermophiles, mieux adaptées aux températures élevées de cette phase. De manière notable, dès le stade initial du compostage, des levures telles que *Candida* et *Galactomyces* ont également été détectées. Leur présence suggère une activité fermentaire caractéristique du début du processus de compostage, où les conditions sont encore propices à la croissance de microorganismes mésophiles (Paredes et al., 2023).

4.2 Description des genres fongiques

- *Aspergillus*

De ces résultats, nous notons qu'*Aspergillus* est le genre le plus abondant, il appartient au phylum des Ascomycota (Roquebert, 1998). C'est un genre qui se trouve dans le monde entier. Il peut être présent dans l'air, le sol, les plantes et les aliments. Les *Aspergillus*

préfèrent les environnements chauds et humides. Ils peuvent ainsi se développer dans les sols humides, les débris végétaux, les composts et les aliments mal conservés (Gugnani, 2003). Ils jouent un rôle essentiel dans le sol en participant activement dans la transformation de la matière organique en éléments nutritifs accessibles ce qui favorisent la fertilité du sol et la croissance des plantes et ils contribuent à maintenir l'équilibre écologique dans les écosystèmes terrestres. Certaines espèces peuvent être directement pathogènes pour l'homme et les animaux en étant capables d'envahir les tissus vivants et provoquer des aspergilloses (Bougharef, 2008). Les *Aspergillus* sont des champignons filamenteux, dont la colonie se présente sous forme duveteuse Ils forment des colonies souvent poudreuses ou granuleuses et plates (Samson *et al.*, 2004). Le thalle est hyalin, il présente un mycélium cloisonné portant de nombreux conidiophores dressés, terminés en vésicule. Les colonies mycéliennes sont poudreuses et généralement peu développées. Leur teinte diffère selon les espèces, et sont produites en longues chaînes au bout des phialides (Marcel, 1997) (Fig. 19). Les conidiophores sont érigés et renflés à leur extrémité en tête sphérique ou ovoïde les spores sont claires, plus ou moins colorés ou noirâtres elles sont globuleuses à ovoïdes.

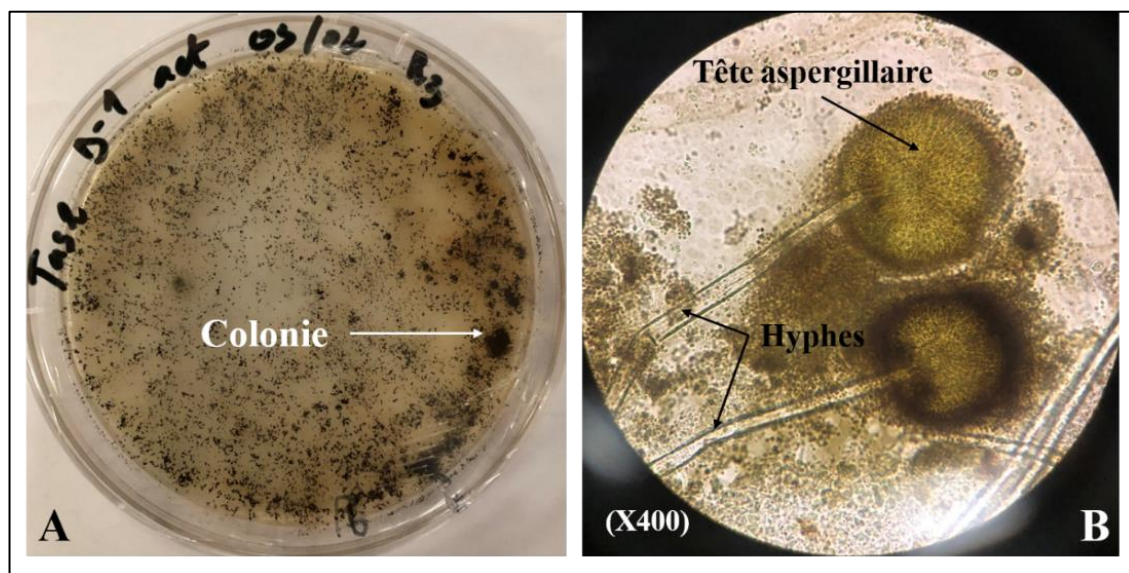


Figure 19. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Aspergillus*.

- *Cladosporium*

Ce champignon appartient au phylum des Ascomycota, il peut être trouvés dans divers habitats, il est largement trouvé dans le sol et de nombreux végétaux. Ses colonies ont une texture veloutée ou floconneuse, parfois poudreuse. La couleur va du vert olive au brun noir très foncé et le revers est brun noir en fonction des espèces et des conditions de croissance (Chabasse *et al.*, 2002) (Fig. 20). *Cladosporium* produit des conidies à partir de structures spécialisées appelées conidiospores qui sont de fine tige qui portent les conidies à leur extrémité, une fois formées, les conidies sont généralement libérées dans l'air ou dans l'environnement. Elles peuvent être transportées par le vent, l'eau, les animaux ; ce qui leur permet de se propager et de coloniser de nouvelles zones (Lyatim, 2008).

Figure 20. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Cladosporium*.

Candida

Candida est un genre de champignons qui appartient au phylum des Ascomycota, il est largement répandu dans le monde entier. Ses espèces pathogènes pour les plantes sont également présentes dans de nombreuses régions du monde, en fonction des espèces végétales qu'elles infectent et des conditions environnementales favorables à leur développement. L'aspect macroscopique de la plupart de ces levures est très semblable : les colonies sont de couleur blanc crème à jaunâtre, de texture variable plus ou moins crémeuses voire granuleuses selon les espèces. La forme de la colonie est ronde et se développe de façon centrifuge à partir d'une cellule initiale, il se présente toujours comme de petites levures rondes ou ovalaires de 2 à 4 μm , bourgeonnantes, souvent accompagnées de filaments mycéliens ou pseudo-mycéliens (Berkhout, 1923) (Fig21).

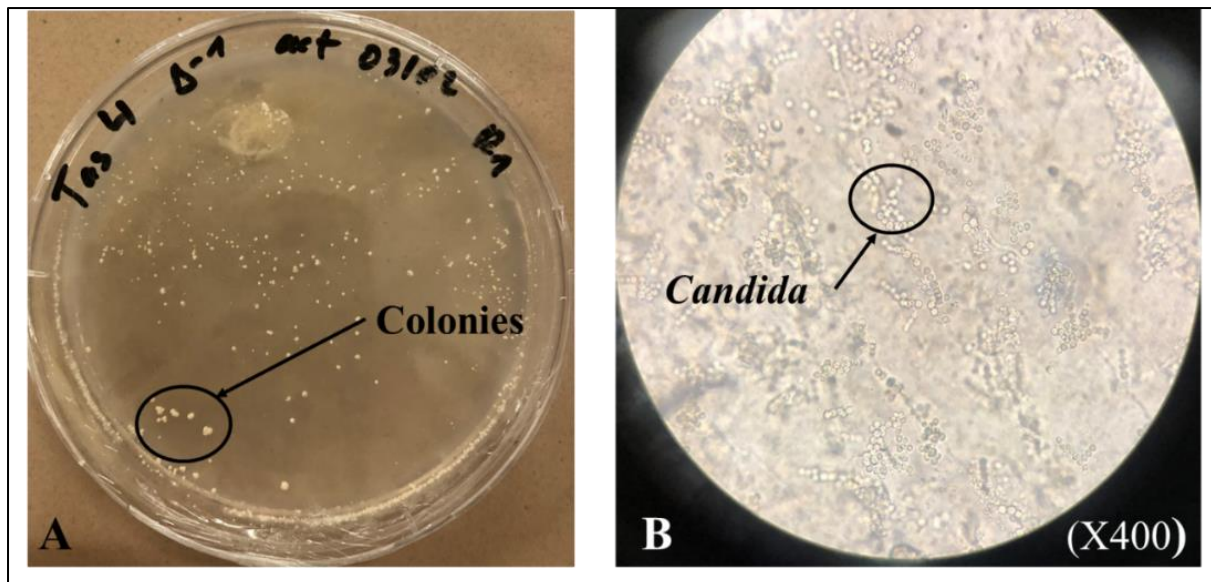


Figure 21. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Candida*.

4.3 Analyse de la variance (ANOVA)

Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour évaluer les différences significatives entre les genres fongiques identifiés dans les quatre tas de compost. Le seuil de signification a été fixé à $\alpha = 0,05$. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tab. 6).

Tableau 6. Résultats du test ANOVA pour les genres fongiques du compost

Genre	Probabilité (p)	Comparaison	Conclusion
<i>Agyriella</i>	0,49	0,49 > 0,05	Non significative
<i>Aspergillus</i>	0,03	0,03 < 0,05	Significative
<i>Candida</i>	0,47	0,47 > 0,05	Non significative
<i>Cladosporium</i>	0,59	0,59 > 0,05	Non significative
<i>Galactomyces</i>	0,47	0,47 > 0,05	Non significative
<i>Mucor</i>	0,47	0,47 > 0,05	Non significative
<i>Penicillium</i>	0,48	0,48 > 0,05	Non significative
<i>Rhizopus</i>	0,47	0,47 > 0,05	Non significative
SNI	0,47	0,47 > 0,05	Non significative

Les résultats (tab. 6) indiquent que seule la variation du genre *Aspergillus* entre les différents tas de compost est statistiquement significative ($p = 0,03$), suggérant une influence notable des conditions spécifiques de certains tas sur l'abondance de ce genre.

4.4 Test de comparaison multiple de Newman et Keuls

Pour approfondir l'analyse des différences observées pour le genre *Aspergillus*, un test de comparaison multiple de Newman et Keuls a été effectué. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 7. Résultats du test de Newman et Keuls pour le genre *Aspergillus*

Niveau	Groupe	Moyenne (%)
T2NA	A	33,33
T4A	A	33,33
T3A	A	33,33
T1NA	A	37,77
T1A	A	82,22
T4NA	A	100,00
T2A	A	100,00
T3NA	A	100,00

Tous les niveaux appartiennent au même groupe statistique (groupe A), ce qui indique que, malgré la significativité globale observée pour *Aspergillus*, les différences spécifiques entre les niveaux ne sont pas suffisamment marquées pour être distinguées statistiquement. Cela suggère que l'augmentation du nombre d'échantillons pourrait améliorer la résolution de l'analyse.

4.5 Matrice de corrélation entre les genres fongiques

Une matrice de corrélation a été établie pour explorer les relations entre les différents genres fongiques présents dans les composts. Les corrélations significatives identifiées sont démontées dans le tableau 8.

Tableau 8. Matrice de corrélation de Pearson

	<i>Agyriella</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Candida</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Galactomyces</i>	<i>Mucor</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>	SNI
<i>Agyriella</i>	1								
<i>Aspergillus</i>	-0,47	1							
<i>Candida</i>	-0,17	-0,26	1						
<i>Cladosporium</i>	0,49	-0,64	-0,26	1					
<i>Galactomyces</i>	-0,17	-0,26	-0,14	-0,26	1				
<i>Mucor</i>	0,99	-0,49	-0,14	0,47	-0,14	1			
<i>Penicillium</i>	-0,17	-0,42	-0,16	0,77	-0,16	-0,16	1		
<i>Rhizopus</i>	0,99	-0,49	-0,14	0,47	-0,14	1,00	-0,16	1	
SNI	-0,17	-0,43	-0,14	0,75	-0,14	-0,14	1,00	-0,14	1

Le tableau (Tab 8) met en évidence plusieurs corrélations notables. Les plus fortes sont observées entre *Mucor* et *Rhizopus* ($r = 1$), ainsi qu'entre *Penicillium* et SNI ($r = 1$), indiquant des corrélations fortement positives ($r \approx +1$). Des corrélations positives modérées sont également relevées entre *Agyriella* et *Mucor* ($r \approx 0,99$), *Agyriella* et *Rhizopus* ($r \approx 0,99$), *Cladosporium* et *Penicillium* ($r = 0,77$), ainsi que *Cladosporium* et SNI ($r = 0,75$), tandis que le genre *Aspergillus* a des corrélations négatives avec tous les genres, la plus forte est celle avec le genre *Cladosporium* ($r = -0,64$).

Ces corrélations suggèrent des cooccurrences fréquentes et une possible synergie écologique entre ces genres, notamment dans la dégradation des matières organiques complexes.

4.6 Analyse en composantes principales (ACP)

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée pour visualiser les relations entre les échantillons de compost et les genres fongiques identifiés. Les deux premiers axes principaux expliquent ensemble 73 % de la variance totale (F1 : 42 %, F2 : 31 %) (Fig. 22).

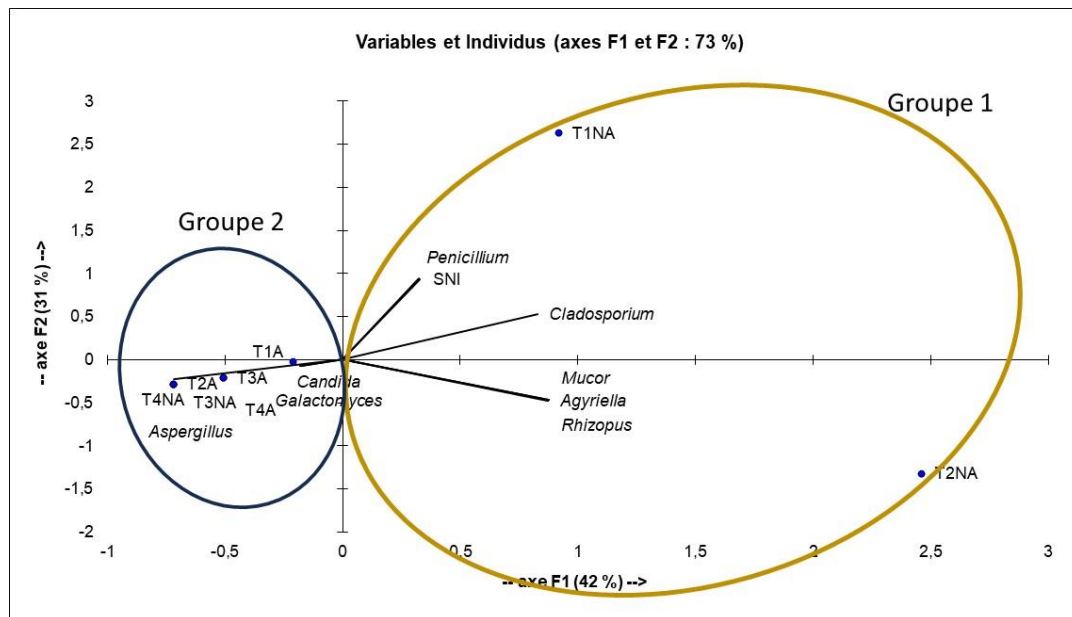


Figure 22. Analyse en composantes principales des genres fongiques dans les quatre tas

Selon l'axe F 1, cette ACP révèle la formation de deux groupes distincts : le groupe 1 et le groupe 2

Le groupe 1 regroupe les échantillons T1NA et T2NA, issus des tas Tas 01 et Tas 02 en phase non active, c'est-à-dire à des stades plus précoces ou stabilisés du compostage. Ils sont fortement associés aux genres suivants : *Mucor*, *Rhizopus*, *Agyriella*, *Cladosporium*, *Penicillium* et *SNI*. Ces genres sont typiquement liés aux phases mésophiles du compostage, caractérisées par des températures modérées (20–40°C), favorisant une activité microbienne intense en début de processus.

Les genres *Mucor* et *Rhizopus*, appartenant au phylum des Zygomycètes, montrent une corrélation très forte ($r = 0,99$), reflétant leur cooccurrence fréquente durant les premières étapes de dégradation de substrats facilement assimilables (Ryckeboer et al., 2003 ; Insam & de Bertoldi, 2007).

Une corrélation très forte est aussi observée entre *Penicillium* et *SNI* ($r = 0,99$), traduisant leur affinité écologique dans les milieux mésophiles riches en matière organique dégradable. Des corrélations positives modérées sont relevées entre *Agyriella* et *Mucor* ($r \approx 0,99$), *Agyriella* et *Rhizopus* ($r \approx 0,99$), *Cladosporium* et *Penicillium* ($r = 0,77$), ainsi que *Cladosporium* et *SNI* ($r = 0,75$). Ces associations renforcent l'idée d'une communauté fongique cohérente caractéristique des stades initiaux ou stabilisés du compostage.

Le groupe 2 inclut les échantillons T1A, T2A, T3A, T4A, T3NA et T4NA, issus des tas Tas 03 et Tas 04, caractérisés par une forte présence de fiente de volaille et/ou de grignon d'olive, deux substrats riches en azote et matières organiques complexes. Ces échantillons sont dominés par : *Aspergillus*, *Candida* et *Galactomyces*. Ce profil est représentatif de la phase thermophile du compostage, au cours de laquelle les températures dépassent souvent les 45–60°C.

Le genre *Aspergillus* est bien connu pour sa thermotolérance et son aptitude à décomposer des substrats résistants, comme la cellulose et la lignine (Ryckeboer et al., 2003 ; Vargas-García et al., 2007). Fait intéressant, *Aspergillus* présente des corrélations négatives avec l'ensemble

des autres genres fongiques, notamment une forte corrélation négative avec *Cladosporium* ($r = -0.64$), ce qui reflète sa prédominance dans des environnements différents de ceux favorables aux genres mésophiles. Les levures telles que *Candida* et les genres comme *Galactomyces* ont également été observés dans des environnements compostés à haute température, contribuant à la fermentation des sucres résiduels et à la maturation du compost (Partanen et al., 2010).

L'ACP permet donc de distinguer deux communautés fongiques contrastées selon la phase de compostage et la composition des substrats :

- Les genres mésophiles (ex. *Rhizopus*, *Penicillium*) sont plus abondants dans les tas enrichis en déchets ménagers assimilés (DMA) seuls ou en combinaison avec le grignon d'olive (*Tas 01*, *Tas 02*), en début de compostage.
- Les genres thermophiles (ex. *Aspergillus*, *Candida*) prédominent dans les composts contenant une proportion plus élevée de fiente de volaille (*Tas 03*, *Tas 04*), en pleine activité biologique.

Ces résultats corroborent les observations de Ryckeboer et al. (2003) sur la succession microbienne au cours du compostage, ainsi que les travaux de Insam & de Bertoldi (2007) sur la spécialisation fongique en fonction des substrats et des températures.

4.7 Analyse comparative des cortèges fongiques des composts 2024 vs 2025 par ACP

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée afin de comparer les cortèges fongiques des composts de l'année 2024, échantillonnés durant toutes les phases (moyenne des résultats des différentes phases), et ceux de 2025, prélevés en phase thermophile (Fig. 23).

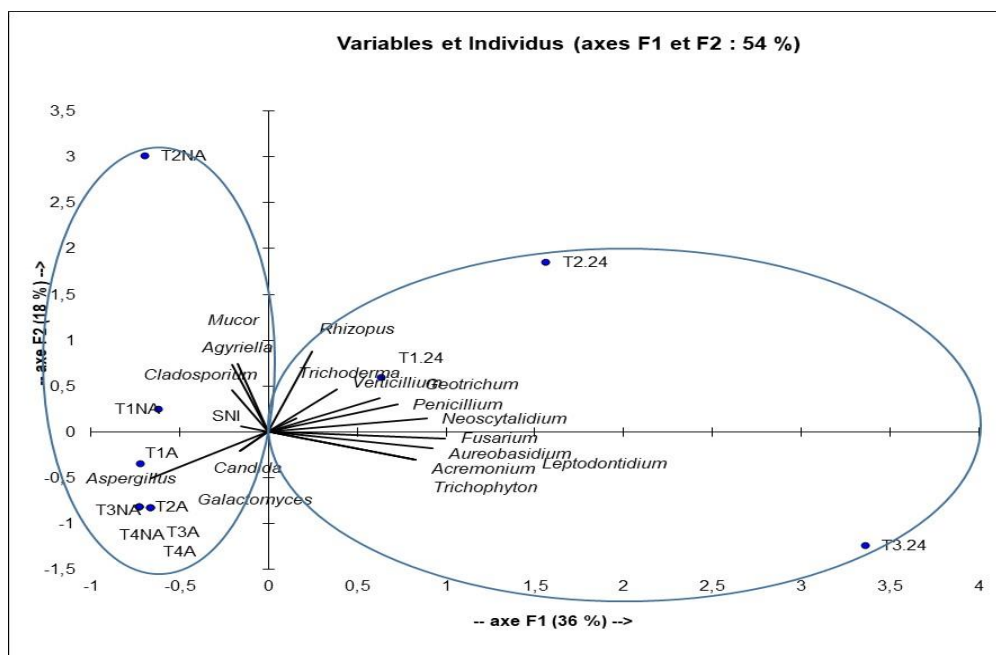


Figure 23. ACP de comparaison entre la diversité fongique du compost 2024/2025

Selon l'axe 1, deux groupes se dégagent : Le premier groupe regroupe les échantillons de 2024 (T1.24, T2.24, T3.24), dominés par *Penicillium* (jusqu'à 80,28 %), et caractérisés par une diversité fongique élevée, incluant des genres mésophiles ou saprophytes comme *Fusarium*, *Geotrichum*, *Trichoderma*, *Acremonium*, *Verticillium*, *Leptodontidium* ou *Neoscytalidium*. Ces genres sont typiquement associés aux conditions stables de la phase de maturation (T° : 30–40 °C), où les substrats complexes comme la lignine ou la cellulose résiduelle sont progressivement dégradés (Ryckeboer et al., 2003 ; Zhang et al., 2016).

Les relations statistiques issues de la matrice de corrélation de Pearson confirment cette association écologique. En effet, *Penicillium* présente une forte corrélation positive avec *Geotrichum* ($r = 0,96$), et une corrélation modérée à forte avec *Fusarium* ($r = 0,67$), soulignant leur cooccurrence fréquente dans les environnements mésophiles. Ces corrélations suggèrent une synergie fonctionnelle entre ces genres dans la dégradation des substrats organiques à des températures modérées.

Le second groupe rassemble les échantillons de 2025 (T1A à T4A, T1NA à T4NA), dominés de façon marquée par *Aspergillus* (atteignant 100 % dans plusieurs tas), ainsi que par *Candida* et *Galactomyces* dans certains cas. Ces genres traduisent une phase thermophile active, caractérisée par des températures élevées (45–65 °C), qui favorisent les espèces thermotolérantes capables de croître rapidement et de produire des enzymes extracellulaires efficaces (Latgé, 1999 ; Kwon-Chung & Sugui, 2013).

La matrice de Pearson révèle que *Aspergillus* affiche des corrélations négatives avec la majorité des autres genres fongiques recensés, en particulier *Penicillium* ($r = -0,80$), *Fusarium* ($r = -0,61$) et *Geotrichum* ($r = -0,73$). Cette opposition nette illustre bien le renversement de la structure fongique entre 2024 et 2025, traduisant la succession écologique du compostage : *Aspergillus*, espèce thermotolérante opportuniste, se développe préférentiellement en conditions extrêmes de température et de substrats enrichis (notamment en fiente de volaille), alors que *Penicillium* et ses genres associés prédominent en phase de maturation plus avancée et stabilisée.

En 2024, *Aspergillus* n'était présent qu'en faibles proportions (0,99 à 13,69 %), ce qui confirme sa nature opportuniste précoce. Inversement, *Penicillium*, absent ou faiblement détecté en 2025, illustre une succession microbienne classique du compostage : une première phase dominée par les thermophiles suivie d'une communauté plus diversifiée et spécialisée à la fin du processus. Par ailleurs, la richesse taxonomique est significativement plus faible en 2025, avec un cortège dominé par peu de genres très compétitifs, contrairement à la diversité fongique complexe et équilibrée observée en 2024. Cette succession fongique, clairement révélée par l'ACP, est également appuyée par les corrélations statistiques entre genres dominants et confirme les modèles écologiques décrits dans la littérature sur le compostage, selon lesquels la température, la disponibilité en substrats, et le stade du processus conditionnent fortement la composition microbienne (Insam & de Bertoldi, 2007 ; Partanen et al., 2010 ; Vargas-García et al., 2007).

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude menée sur l'activité fongiques lors du processus du compostage a permis de démontrer l'importance capitale des champignons dans le processus de compostage des biodéchets, en particulier dans la dégradation des matières organiques complexes telles que la lignine et la cellulose. L'étude approfondie des genres fongiques présents, notamment *Aspergillus*, *Penicillium*, *Candida* et *Cladosporium*, a révélé leur diversité et leur abondance, soulignant leur rôle actif dès les premières phases du compostage. Ces micro-organismes contribuent non seulement à la transformation rapide et efficace des déchets organiques, mais améliorent également la qualité finale du compost en favorisant la formation d'un humus stable et riche en nutriments essentiels.

Les résultats obtenus nous ont permis de recenser neuf genres fongiques appartenant aux *Ascomycota* à savoir *Agyriella*, *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Galactomyces*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* et un genre non identifié (SNI). Le genre *Aspergillus* est le plus dominant dans l'ensemble des tas, avec un pourcentage de 69,17 %. Suivi par *Cladosporium*, avec un taux de 7,22 %. *Candida* et *Galactomyces* se partagent la troisième position avec un pourcentage de 6,25 % chacun. D'autres genres fongiques sont également présents, mais avec des pourcentages relativement faibles.

Par ailleurs, les analyses statistiques, notamment l'ANOVA, les tests de comparaison multiple et l'analyse en composantes principales, ont permis de mieux comprendre les interactions complexes entre les différents genres fongiques et leur évolution dans le temps et selon les conditions environnementales. Cette approche méthodologique a renforcé la rigueur scientifique de l'étude et apporté des éléments concrets pour orienter les pratiques de gestion des biodéchets.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent des variations non significatives des genres fongiques entre les différents tas de composts sauf pour le genre *Aspergillus* (variation statistiquement significative $p = 0,03$).

L'analyse en composantes principales (ACP) des genres fongiques présents dans les quatre tas de compost a permis de distinguer deux groupes principaux. Le premier groupe, constitué des échantillons issus des tas 01 et 02 en phase non active, est dominé par des genres mésophiles comme *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium* et *Penicillium*, typiques des débuts du compostage lorsque la température reste modérée et que les substrats facilement dégradables sont abondants. Le second groupe, regroupant les échantillons des tas 03 et 04, caractérisé par une prédominance de genres thermophiles tels qu'*Aspergillus*, *Candida* et *Galactomyces*, adaptés aux températures élevées et à la dégradation de matières organiques plus complexes lors de la phase thermophile. Cette distinction met en évidence l'influence conjointe de la composition des déchets et de la dynamique thermique sur la structuration des communautés fongiques au cours du compostage, en accord avec les observations de la littérature scientifique.

L'analyse en composantes principales (ACP) comparant la diversité fongique des composts des années 2024 et 2025 met en évidence deux groupes distincts selon l'année et le stade du compostage : les échantillons de 2024, dominés par *Penicillium* et caractérisés par une

Conclusion générale

grande diversité de genres mésophiles et saprophytes (*Fusarium*, *Geotrichum*, *Trichoderma*, etc.), reflètent la dominance des résultats de la phase de maturation à température modérée, où la dégradation des substrats complexes se poursuit lentement. À l'inverse, les échantillons de 2025 sont marqués par une domination quasi exclusive d'*Aspergillus*, ainsi que de *Candida* et *Galactomyces*, traduisant une phase thermophile active avec des températures élevées, favorisant les espèces thermotolérantes et compétitives. Cette succession fongique, révélée par l'ACP, illustre une dynamique microbienne classique du compostage, où la diversité élevée et équilibrée de la phase de maturation (2024) cède la place à une communauté plus restreinte mais très spécialisée lors de l'activité maximale (2025).

Ce travail ouvre ainsi des perspectives prometteuses pour l'amélioration des techniques de compostage, notamment par l'utilisation ciblée de bioinoculants fongiques capables d'accélérer la décomposition des déchets et d'enrichir la qualité agronomique du compost. En intégrant ces connaissances dans une démarche d'économie circulaire, le compostage apparaît comme une solution écologique efficace pour réduire les impacts environnementaux liés à la gestion des déchets organiques, tout en valorisant ces derniers comme une ressource précieuse pour l'agriculture durable.

Des recherches futures pourraient explorer plus en profondeur les interactions entre champignons, bactéries, et autres micro-organismes du compost, afin d'optimiser les synergies biologiques naturelles. Une meilleure compréhension de ces réseaux microbiens permettra de développer des stratégies de compostage plus efficaces, adaptées aux principes de l'agroécologie et de la durabilité environnementale.

Enfin, ce mémoire souligne l'importance de poursuivre les recherches sur la diversité microbienne des composts et leur rôle fonctionnel, afin de mieux maîtriser les processus biologiques à l'œuvre et d'adapter les pratiques aux spécificités locales. Cette démarche contribuera à renforcer la gestion durable des déchets organiques, en accord avec les enjeux environnementaux actuels et futurs.

Références bibliographiques

- Rodrigues, A., Rodrigues, E. P., & Cronemberger, Á. A. (2018). *O gênero Olpidiopsis (Oomycota)*. In M. S. Javed (Éd.), *Fungal applications in sustainable environmental biotechnology* (pp. 3–28). Springer.
- Adhikari, B. K., Barrington, S., Martinez, J., & King, S. (2009). Characterization of food waste and bulking agents for composting. *Waste Management*, 29(3), 795–803.
- Adnan, M., Islam, W., Gang, L., & Chen, H. Y. H. (2022). Advanced research tools for fungal diversity and its impact on forest ecosystem. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30), 45044–45062. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20317-8>
- Albrecht, R. (2007). *Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique* [Thèse de doctorat, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III].
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., & Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycology* (4th ed.). Wiley.
- Atlas, R. M., & Bartha, R. (1993). *Microbial ecology: Fundamentals and applications* (Édition originale). Benjamin-Cummings.
- Bari, Q. H., & Koenig, A. (2001). *Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste* [Effet de la recirculation et de la réutilisation de l'air sur le compostage des déchets organiques solides]. *Resources, Conservation and Recycling*, 33(2), 93–111.
- Blackwell, M. (2004). Assembling the fungal tree of life: Progress, classification, and evolution of subcellular traits. *American Journal of Botany*, 91(10), 1446–1480.
- Bernstad, A., & la Cour Jansen, J. (2012). Review of comparative LCAs of food waste management systems – Current status and potential improvements. *Waste Management*, 32(12), 2439–2455.
- Beck-Friis, B., Smårs, S., Jönsson, H., & Kirchmann, H. (2003). *Composting of source-separated household organics at different oxygen levels: gaining an understanding of the emission dynamics* [Compostage des déchets organiques ménagers triés à la source à différents niveaux d'oxygène : compréhension de la dynamique d'émission]. *Compost Science and Utilization*, 11(1), 41–50.
- Botton, B., Breton, A., Fèvre, M., Gauthier, S., Guy, P. H., Larpent, J. P., Reymond, P., Sanglier, J. J., Vayssier, Y., & Veau, P. (1990). *Moisissures utiles et nuisibles : Importance industrielle* (2e éd.). Masson. Collection Biotechnologies.
- Botton, B., et al. (1999). Mesophilic filamentous fungi: Growth characteristics and temperature range.
- Bouchet, P., Guignard, J., Madulo-Leblond, G., & Gégli, P. (2005). *Mycologie fondamentale et appliquée* (11e éd., pp. 1–36). Masson.
- Brundrett, M. C. (2009). Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil*, 320, 37–77.
- Carip, C., Salavert, M.-H., & Tandeau, A. (2015). *Microbiologie, hygiène et droit alimentaire*. Lavoisier - Tec & Doc.
- Carlile, M. J., Watkinson, S. C., & Gooday, G. W. (1996). *The Fungi* (2nd ed.). Academic Press.

Références bibliographiques

- Culot, M. & Lebeau, S. (1999). *Le compostage, une pratique méconnue de gestion des déchets* [Composting, an unrecognized practice of waste management]. *Bulletin d'Information (Association Royale des Ingénieurs issus de la Fusagx – Aigx)*, 5, 11–17.
- Chabasse, D., Pihet, M., Bouchara, J. P., & de Bievre, C. (2002). *Les champignons et leurs toxines : Aspects biologiques et cliniques*. Tec & Doc Lavoisier.
- Charnay, F. (2005). *Compostage des déchets urbains dans les pays en développement* (Thèse de doctorat en chimie et microbiologie de l'eau, Université de Limoges). pp. 33–38.
- Crozet, H., & Canard, M. (2016). *Mycorrhizal Ecology*. Springer International Publishing.
- Deloraine, A., Hedreville, L., & Arthus, C. (2002). *Étude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bio-aérosols générés par le compostage des déchets*. ADEME & CAREPS.
- Eklind, Y., Beck-Friis, B., Bengtsson, S., Ejlertsson, J., Kirchmann, H., Mathisen, B., Nordkvist, E., Sonesson, U., Svensson, B. H., & Torstensson, L. (1997). *Chemical characterization of source-separated organic household waste* [Caractérisation chimique des déchets ménagers organiques triés à la source]. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 27, 167–178.
- Epstein, E. (1997). *The science of composting*. CRC Press.
- European Commission. (2020). *Circular Economy Action Plan*. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- El Fels, L. (2014). *Suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologique du compostage de boues d'épuration mélangées à des déchets de palmier : Validation de nouveaux indices de maturité* (Thèse de doctorat, Université de Toulouse)
- Finstein, M. S., & Morris, M. L. (1975). Microbiologie du compostage des déchets solides municipaux. *Progrès en Microbiologie Appliquée*, 19, 113–151.
- Gani, M., Hassan, T., Saini, P., Gupta, R. K., & Bali, K. (2019). Molecular phylogeny of entomopathogens. In M. A. Khan & W. Ahmad (Eds.), *Microbes for sustainable insect pest management: An eco-friendly approach – Volume 1* (pp. 43–113). Springer.
- Gottschall, R., Thorn, M. et Vogtmann, H. (1991). *Pflanzenbauliche Verwertung von Bioabfall- und Grünabfallkomposten* [Valorisation agronomique des composts de déchets organiques et de déchets verts]. *Umwelt-Technologie Aktuell*, 2(1), 5–12.
- Gobat, J. M., Aragno, M. & Matthey, W. (1998). *Le sol vivant : Bases de pédologie – biologie des sols* (Collection Gérer l'environnement, no 14). Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 521 p.
- Godden, B. (1986). *Étude du processus de compostage du fumier de bovin* [Study of the composting process of cattle manure] (Thèse de doctorat, Sciences agronomiques, Université Libre de Bruxelles). <Laboratoire de microbiologie>
- Ghorri, S. (2020). *Les microorganismes eucaryotes*. <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/bapp/2020/2019/microorganismes%20eucaryotes.pdf>
- Goyal, A. (2003). Role of X factor in fungal growth, sporulation, and spore germination.
- Haug, R. T. (1993). *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers.
- Hawksworth, D. L. (2001). The magnitude of fungal diversity: The 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, 105(12), 1422–1432.

Références bibliographiques

- Hawksworth, D. L., & Rossman, A. Y. (1997). Where are all the undescribed fungi? *Phytopathology*, 87(9), 888–891. <http://www.iresa.agrinet.tn/annonce/liv-2015.pdf>
- Insam, H., & de Bertoldi, M. (2007). Microbiology of the composting process. In M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, & T. Papi (Eds.), *Compost science and technology* (pp. 25–48). Elsevier.
- Lamontagne, J. (2024). *Harnessing the power of mushrooms for compost: A sustainable solution*. <https://petitchampi.com/fr/blogs/news/harnessing-the-power-of-mushrooms-for-compost-a-sustainable-solution>
- James, T. Y., Kauff, F., Schoch, C. L., Matheny, P. B., Hofstetter, V., Cox, C. J., ... & Vilgalys, R. (2006). Reconstructing the early evolution of fungi using a six-gene phylogeny. *Nature*, 443, 818–822.
- Julien, R. (2002). Thermophilic fungi: Heat resistance and growth temperature.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Khalid. (2011). *Les champignons*. <https://ekladata.com/4EI2BQmkQAnEUyuAe35WxRV1yo/Champignons1-Blog.pdf>
- Schneider-Maunoury, L. (2019). *Qu'est-ce qu'un champignon ?* Planet Vie. <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/champignons/qu-est-ce-qu-un-champignon>
- Le Calvez, T. (2009). *Diversité et fonctions écologiques des champignons en écosystème hydrothermal marin profond* [Thèse de doctorat, Université de Rennes 1/CNRS].
- Lecler, J.-C. H., Richard-Molard, J., Lamotte, M., Rougerie, G., & Portères, R. (1983). Recensement des végétaux vasculaires des Monts Loma (Sierra Léone) et des pays de piémont. Première partie : Annonacées-Ombellifères. *Boissiera*, 32, 301 p.
- Lillo La Chiussa, S. (2002). The evolution of fungal life histories. In J. W. Kronstad (Ed.), *Fungal Pathology* (pp. 5–19). Kluwer Academic Publishers.
- Marouf, A., & Reynaud, A. (2007). Rôle des champignons saprophytes dans le recyclage des éléments nutritifs dans les écosystèmes forestiers. *Revue Forestière Française*, 59(1), 19–30.
- Martin, F., & Nehls, U. (2009). Harnessing ectomycorrhizal genomics for ecological insights. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(4), 508–515.
- Maystre, L. Y., Pictet, J., & Simos, J. (1994). *Méthodes multi-critères Electre. Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Medjeber, M. (2019). *Diversité et activité antimicrobienne des champignons endophytes associés aux feuilles de *Limoniastrum fei* (de Gir.) Batt. Oued Aghlal (Béchar, Algérie)* [Thèse de doctorat, Université Saad Dahlab Blida 1].
- Meradji, A. (2022). *Introduction à la mycologie* (p. 3). <https://facmed.univ-constantine3.dz/wp-content/uploads/2024/10/Introduction-%C3%A0-la-Mycologie-1.pdf>
- Michaud, L. (2007). *Tout sur le compost : Le connaître, le faire, l'acheter et l'utiliser*. MultiMondes.
- Money, N. P. (2016). Fungal diversity. In *The Fungi* (pp. 1–36). Elsevier.
- Moore, D., Robson, G. D., Trinci, A. P., & 12 collaborators. (2011). *21st century guidebook to fungi*. Cambridge University Press.

Références bibliographiques

- Morton, J. B., & Benny, G. L. (1990). Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order Glomales and Gigasporineae and two new families Acaulosporaceae and Gigasporaceae with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*, 37, 471–491.
- Moulinier, C. (2003). *Parasitologie et mycologie médicale : éléments de morphologie et de biologie*. Lavoisier.
- Moulinier, R. (2003). Impacts of fungal diversity on soil ecosystem functioning. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(12), 1673–1682.
- Mustin, M. (1987). *Le compost : Gestion de la matière organique* (954 p.). Éditions François Dupuis.
- Nasraoui, B. (2015). *Les champignons et pseudo-champignons pathogènes des plantes cultivées : Biologie, nouvelle systématique, interactions pathologiques*. L'INAT.
- Nwe, N., Furuike, T., & Tamura, H. (2011). Production, properties and applications of fungal cell wall polysaccharides: Chitosan and glucan. In R. Jayakumar, M. Prabakaran, & R. A. Muzzarelli (Eds.), *Chitosan for Biomaterials II* (pp. 187–207). Springer.
- Pane, C., Spaccini, R., Piccolo, A., & Zaccardelli, M. (2013). Detection of microbial and chemical features of composts that suppress soilborne plant pathogens. *Plant and Soil*, 366(1), 555–573.
- Pujol, A. (2012). *Modélisation du procédé de compostage – Impact du phénomène de séchage* (Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse) — you.268 p.
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2007). *Biologie végétale* (2e éd.). De Boeck Université.
- Redecker, D. (2002). Molecular identification and phylogeny of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 244(1–2), 67–73. <https://doi.org/10.1023/A:1020204106691>
- Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & Silva, T. (2002). *Moisture relationships in composting processes*. *Compost Science and Utilization*, 10(4), 286–302.
- Rocha, J. de R. de S., Machado, J. L., Silva, J. B. da, Trindade Júnior, O. C. da, Santos, L. de A., Rodrigues, E. P., & Cronemberger, Á. A. (2018). O gênero *Olpidiopsis* (Oomycota) no Nordeste do Brasil. *Rodriguésia*, 69, 2035–2053. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869234>
- Roehl, T. (2017). Characteristics of Division Glomeromycota. *Fungus Fact*, 015.
- Schüßler, A., Schwarzott, D., & Walker, C. (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105, 1413–1421.
- Sénéquier-Crowet, B., & Canard, B. (2016). Les champignons endophytes : Impact sur les écosystèmes et production de molécules d'intérêt thérapeutique. *Science Pharmaceutique*, Université Grenoble Alpes.
- Singh, H., & Chen, S. (2008). The white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*: Conditions for the production of lignin-degrading enzymes. *Enzyme and Microbial Technology*, 22(4), 200–210.
- Slimani. (2022). *Valorisation par compostage des déchets organiques dans la wilaya de Tizi-Ouzou* [Thèse de doctorat, Université de Tizi-Ouzou].

Références bibliographiques

- Suler, D. J., & Finstein, M. S. (1977). Effect of temperature, aeration, and moisture on CO₂ formation in bench-scale, continuously thermophilic composting of solid waste. *Applied and Environmental Microbiology*, 33(2), 345–350.
- Tabuc, C. (2007). *Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines* [Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse & Université de Bucarest].
- Taneja, T., Kumar, M., Sharma, I., Sharma, A., & Singh, R. (2023). The role of mycobiota in the process of composting of biomass and assessment. *Bulletin of Pure & Applied Sciences - Botany*, 42(1), Article 1.
- Taylor, J. W., Spatafora, J., O'Donnell, K., Lutzoni, F., James, T., Hibbett, D. S., & Geiser, D. M. (2014). The fungi. In J. Cracraft & M. J. Donoghue (Eds.), *Assembling the Tree of Life* (pp. xxx–xxx). Oxford University Press.
- Tedersoo, L., May, T. W., & Smith, M. E. (2010). Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: Global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza*, 20(4), 217–263.
- Tomati, U., Galli, E., Pasetti, L., & Volterra, E. (1995). *Bioremediation of olive mill wastewaters by composting* [Bioremédiation des eaux usées de moulins à olives par compostage]. *Waste Management & Research*, 13(6), 509–518.
- Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., & Itävaara, M. (2000). Biodegradation of lignin in a compost environment: A review. *Bioresource Technology*, 72(2), 169–183.
- Volk, T. J. (2001). Fungi. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 141–163). Academic Press.
- Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Wright, C., Gryganskyi, A. P., & Bonito, G. (2016). Fungi in composting. In D. Purchase (Ed.), *Fungal Applications in Sustainable Environmental Biotechnology* (pp. 3–28). Springer.
- Znaïdi, I. E. A. (2002). *Étude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes* [Mémoire de master, Université Mohamed M'hamed Tlemcen]. 104 p.

Références électroniques

¹ <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1570525#>. Consulté le 01.04.2025

² Googlemaps.com Consulté le 18/04/2025.

³ <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/tizi-ouzou/freha-45059/#climate-table>. Consulté le 18/04/2025.

⁴ <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/tizi-ouzou/freha-45059/#climate-table>. Consulté le 18/04/2025.

⁵ Googlemaps.com. Consulté le 18/04/2025

Résumé

Notre mémoire traite de la valorisation des bio-déchets organiques par compostage, en mettant un accent particulier sur l'activité fongique durant ce processus. L'étude s'est concentrée sur la transformation de différents types de bio-déchets : les déchets ménagers assimilés (DMA), les fientes de volaille ainsi que les grignons d'olive, en compost de qualité. Le compostage est un procédé biologique aérobie qui permet la décomposition des matières organiques par l'action combinée de micro-organismes, incluant des bactéries et des champignons, sous des conditions contrôlées de température, d'aération et d'humidité. Le suivi du processus de compostage a révélé plusieurs phases distinctes : la phase mésophile initiale caractérisée par une montée rapide de la température, suivie de la phase thermophile où la température atteint des pics élevés (entre 64°C, 45°C, 33°C et 61.4°C pour les tas 1,2,3 et 4 respectivement), assurant l'élimination des agents pathogènes et la dégradation des composés phytotoxiques. Ensuite, une phase de refroidissement et de maturation permet la stabilisation du compost. Le pH évolue de légèrement acide vers une valeur neutre à alcaline, favorable à la qualité finale du compost. L'étude microbiologique a identifié huit genres de champignons ont été identifiés, avec une prédominance d'*Aspergillus* dans tous les tas, *Penicillium* et *Cladosporium* dans certain. Les résultats d'une analyse ANOVA indiquent que seule la variation du genre *Aspergillus* entre les différents tas de compost est statistiquement significative. Une matrice de corrélation a aussi été établie pour explorer les relations entre les différents genres fongiques présents dans les composts. Les résultats de cette dernière suggèrent des cooccurrences fréquentes et une possible synergie écologique entre ces genres fongiques.

Abstract

Our thesis focuses on the valorization of organic bio-waste through composting, with particular emphasis on fungal activity during this process. The study concentrated on the transformation of different types of bio-waste: household-like waste (DMA), poultry manure, and olive pomace into high-quality compost. Composting is an aerobic biological process that enables the decomposition of organic matter through the combined action of microorganisms, including bacteria and fungi, under controlled conditions of temperature, aeration, and moisture. Monitoring of the composting process revealed several distinct phases: an initial mesophilic phase characterized by a rapid temperature increase, followed by a thermophilic phase during which the temperature reached high peaks (64°C, 45°C, 33°C, and 61.4°C for piles 1, 2, 3, and 4 respectively), ensuring the elimination of pathogens and the degradation of phytotoxic compounds. Subsequently, a cooling and maturation phase allows for the stabilization of the compost. The pH evolves from slightly acidic to neutral or alkaline values, favorable for the final compost quality. Microbiological analyses identified eight fungal genera, with *Aspergillus* being predominant in all piles, and *Penicillium* and *Cladosporium* detected in some. ANOVA analysis revealed that only the variation in the abundance of *Aspergillus* among the different compost piles was statistically significant. A correlation matrix was also established to explore the relationships among the different fungal genera present in the composts. The results suggest frequent co-occurrences and a possible ecological synergy between these fungal genera.

