



Université de Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la
Terre et de l'Univers

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire Présenté par

BENZINEB Younes et MEDJDOUB Issam

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER en science alimentaire

Option : Sécurité Agroalimentaire et Assurance de Qualité

Thème

**Valorisation de pelures de pomme de terre par compostage
enrichi en marc de café**

Soutenue le 21/06/2026, Devant le jury composé de :

Président	Dr DIDOUH Nassima	Université Tlemcen
Examineur	Dr BENYOUB Noredine	Université Tlemcen
Encadrant	Pr CHAUCHE Tarik Mohammed	Université Tlemcen
Co-encadrant	Dr HABI Salim	Université Tlemcen

Année Universitaire : 2025-2026

Remercîment

À l'issue de ce travail, nous tenons tout d'abord à exprimer notre gratitude envers Dieu qui nous a accordé la force et le courage nécessaires pour poursuivre nos études et atteindre ce niveau

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadrante, Monsieur CHAOUCHE Mohamed Tarik, pour son aide précieuse, son soutien constant et la confiance qu'il nous a témoigné. Grâce à ses conseils avisés, à sa patience et au temps qu'il nous a généreusement consacré, nous avons pu mener à bien ce travail. Sans lui, la réalisation de ce modeste projet n'aurait pas été possible.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur HABI Salim notre Co-encadrant, pour sa disponibilité, ses conseils pertinents et son accompagnement tout au long de ce travail. Son soutien et son expertise ont grandement contribué à la réalisation de ce projet, et nous lui en sommes sincèrement reconnaissants.

Nous tenons également à remercier sincèrement les membres du jury pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de ce travail, ainsi que pour l'attention et l'intérêt qu'ils lui ont portés.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à nos parents, qui nous ont soutenus sans relâche tout au long de notre parcours. Leur présence, leurs encouragements et leur confiance en nous ont été une source inestimable de force et de motivation. Sans eux, Nous n'aurions jamais pu arriver jusqu'ici.

Enfin, nous renouvelons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont apporté leur aide et leur soutien dans la réalisation de ce travail. Leur contribution, quelle qu'elle ait été, nous a été précieuse.

Résumé

La gestion durable des déchets agroalimentaires représente un enjeu environnemental majeur. Dans ce contexte, la présente étude vise à valoriser la pelures de pomme de terre, un résidu organique abondamment généré par les activités de restauration, par sa transformation en amendement organique. L'objectif principal est d'évaluer l'influence de l'ajout de marc de café sur le processus de compostage et sur la qualité du produit obtenu.

Deux mélanges ont été préparés : un échantillon témoin constitué uniquement de pelure de pomme de terre (PPT) et un échantillon expérimental composé de pelures de pomme de terre additionnée de marc de café (PPTMC). Les substrats ont été soumis à une fermentation contrôlée pendant 15 jours en présence de levure (*Saccharomyces cerevisiae*) et d'une source de sucre. À l'issue du processus, plusieurs paramètres physico-chimiques ont été déterminés, notamment le pH, la conductivité électrique, le carbone total, l'azote total, le rapport C/N, ainsi que les teneurs en phosphore, potassium, sucres totaux et protéines.

Les résultats montrent que l'ajout de marc de café améliore significativement certaines caractéristiques du compost. Le pH passe de 5,05 à 6,89, créant des conditions plus favorables à l'activité microbienne. La conductivité électrique diminue de 9,1 à 5,3 mS/cm, traduisant une réduction de la salinité. Une diminution du carbone total, des sucres totaux et des protéines est également observée dans l'échantillon PPTMC, indiquant une dégradation plus avancée de la matière organique. Le rapport C/N reste stable à 13,3, valeur caractéristique d'un compost relativement mature. Par ailleurs, l'incorporation du marc de café entraîne une augmentation notable de la teneur en phosphore, tandis qu'une diminution importante du potassium est enregistrée.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus suggèrent que le marc de café favorise l'activité biologique et accélère la décomposition de la matière organique, améliorant ainsi la qualité agronomique du compost issu de la pelure de pomme de terre. Cette approche constitue une alternative écologique et économique pour la valorisation des déchets agroalimentaires et la production d'amendements organiques destinés à l'amélioration de la fertilité des sols.

Mots-clés : pelures de pomme de terre, marc de café, compostage, amendement organique.

Abstract

The valorization of agri-food waste represents a promising approach to reducing environmental impacts while producing organic amendments beneficial for agriculture. In this context, the present study focused on the valorization of potato pulp, an organic residue generated by restaurant activities, through composting. The main objective was to evaluate the effect of coffee grounds incorporation on the physicochemical characteristics and agronomic quality of the resulting compost.

Two mixtures were prepared: a control sample consisting solely of potato pulp (PPT) and an experimental sample composed of potato pulp supplemented with coffee grounds (PPTMC). The substrates were subjected to a controlled fermentation process for 15 days in the presence of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and a sugar source. At the end of the process, several parameters were evaluated, including pH, electrical conductivity, total carbon, total nitrogen, C/N ratio, as well as phosphorus, potassium, total sugars, and protein contents.

The results showed that the addition of coffee grounds improved several parameters related to compost maturity. The pH increased from 5.05 to 6.89, reaching a near-neutral value favorable to microbial activity. Electrical conductivity decreased from 9.1 to 5.3 mS/cm, indicating a reduction in salinity. A decrease in total carbon, total sugars, and proteins was also observed in the PPTMC sample, suggesting a more advanced degradation of organic matter. The C/N ratio remained stable at 13.3, a value characteristic of relatively mature compost. Furthermore, the incorporation of coffee grounds significantly increased phosphorus content, while a notable decrease in potassium content was recorded.

Overall, these findings suggest that coffee grounds act as a beneficial co-substrate for potato pulp composting by stimulating biological activity and accelerating organic matter decomposition. This approach offers an environmentally friendly and cost-effective solution for agri-food waste valorization and the production of organic amendments that can contribute to improving soil fertility.

Keywords: potato pulp, coffee grounds, composting, agri-food waste valorization, organic amendment, agronomic quality.

الملخص

تُعدّ عملية تثمين النفايات الزراعية والغذائية من المقاربات الواعدة للحد من آثارها البيئية وتحويلها إلى منتجات ذات قيمة مضافة يمكن استخدامها في المجال الزراعي. هدفت هذه الدراسة إلى تثمين لبّ البطاطا، وهو أحد المخلفات العضوية الناتجة عن أنشطة المطاعم، من خلال عملية التسميد العضوي (الكمبوست). وتمثل الهدف الرئيسي للدراسة في تقييم تأثير إضافة تفل القهوة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والجودة الزراعية للكمبوست الناتج وعينة تجريبية مكونة من لبّ البطاطا مضافاً إليه تفل (PPT) تم تحضير خليطين: عينة شاهدة مكونة من لبّ البطاطا فقط و *Saccharomyces* خضعت العينات لعملية تخمير مضبوطة لمدة 15 يوماً بوجود الخميرة (PPTMC). القهوة (pH)، ومصدر للسكريات. وبعد انتهاء فترة التخمير، تم تقييم عدة مؤشرات شملت الرقم الهيدروجيني (*cerevisiae*)، إضافة إلى محتوى (C/N) والتوصيلية الكهربائية، والكربون الكلي، والنيتروجين الكلي، ونسبة الكربون إلى النيتروجين. الفوسفور والبوتاسيوم والسكريات الكلية والبروتينات. أظهرت النتائج أن إضافة تفل القهوة ساهمت في تحسين عدد من المؤشرات المرتبطة بنضج الكمبوست. فقد ارتفعت قيمة الرقم الهيدروجيني من 5.05 إلى 6.89، مقتربةً من التعادل، وهو ما يوفر ظروفاً ملائمة للنشاط الميكروبي. كما انخفضت التوصيلية الكهربائية من 9.1 إلى 5.3 ملي سيمنز/سم، مما يدل على انخفاض ملوحة الوسط. ولوحظ كذلك انخفاض في محتوى الكربون الكلي والسكريات الكلية والبروتينات في العينة المحتوية على تفل القهوة، وهو ما يعكس تقدّم عملية تحليل المادة العضوية. وظلت نسبة الكربون إلى النيتروجين ثابتة عند 13.3، وهي قيمة تدل على درجة جيدة من نضج الكمبوست. بالإضافة إلى ذلك، أدت إضافة تفل القهوة إلى زيادة ملحوظة في محتوى الفوسفور، في حين سُجل انخفاض واضح في محتوى البوتاسيوم. بصفة عامة، تشير هذه النتائج إلى أن تفل القهوة يُعدّ مادة مرافقة فعّالة في تسميد لبّ البطاطا، حيث يساهم في تنشيط النشاط البيولوجي وتسريع تحليل المادة العضوية، مما يحسن من جودة الكمبوست الناتج. وتمثل هذه المقاربة حلاً بيئياً واقتصادياً لتثمين النفايات الزراعية والغذائية وإنتاج مخصب عضوي يمكن أن يساهم في تحسين خصوبة التربة.

الكلمات المفتاحية: لبّ البطاطا، تفل القهوة، التسميد العضوي، تثمين النفايات الزراعية والغذائية، المخصب العضوي، الجودة الزراعية.

Table des figures

Figure 1 : Etapes de la production de féculé et de produits issus de la transformation de la pomme de terre (Morel d'Arleux 2001).....	5
Figure 2 : Courbe théorique d'évolution de la température au cours du compostage (Francou., 2003).....	9
Figure 3 : Préparation de l'échantillon après 15jr de fermentation	15
Figure 4 : pH-mètre.....	16
Figure 5 : Appareille utiliser pour la distillation Figure 6 : Coloration rose-violacée de l'indicateur de Tashiro	18
Figure 7 : Photomètre à flamme utilisé pour la détermination du potassium total.....	19
Figure 8 : Principe du dosage colorimétrique du phosphore par la méthode au bleu de molybdène.....	20
Figure 9 : Courbe d'étalonnage utilisée pour la détermination du phosphore total.....	21
Figure 10 : Valeurs du pH des deux échantillons étudiés.....	24
Figure 11 : Valeurs de conductivité électrique	26
Figure 12 : Teneurs en carbone total des deux échantillons	27
Figure 13 : Azote total et Rapport C/N des deux échantillons	28
Figure 14 : Teneurs en phosphore total	30
Figure 15 : Valeurs de N, P, K.....	31
Figure 16 : Teneurs en sucres totaux	32
Figure 17 : Teneurs en protéines totales	33

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I : Composition de la pulpe de pomme de terre. (Kot <i>et al.</i> , 2020).....	6
Tableau II : Condition et durée de conservation de quelques co-produits de la pomme de terre. (Decruyenaere <i>et al.</i> , 2005, p78)	7

Table des matières

Table des figures	6
Liste des tableaux.....	7
Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
Partie I : synthèse bibliographique	3
1. Les déchets agroalimentaires	3
1.1 Définition des déchets.....	3
2 Catégories des déchets	3
Les déchets sont généralement classés selon deux critères principaux : leur origine et leur nature (Pongrácz et Pohjola, 2004; Gharfalkar et al., 2015).....	3
2.1. Classification des déchets selon leur origine	3
2.2. Classification des déchets selon leur nature	4
3 La pulpe de pomme de terre.....	4
3.1 Origine	4
3.2 Composition chimique.....	6
3.3 Problèmes générés par l'accumulation de la pulpe de pomme de terre	6
4 le compostage	8
4.1 Définition de compostage	8
4.2 principes de compostage	8
4.3 Les étapes de compostages	9
4.4 Les facteurs influençant	10
5 La valorisation du compost	11
5.1 Utilisation en agriculture	11
5.2 Amélioration du sol	12
5.3 Alternatives écologiques aux engrais chimiques.....	12
Partie II : Matériel et méthodes.....	14
1. Préparation de l'échantillon.....	14
2. Protocole de compostage.....	15
3 Analyses physique et chimique	16
3.1 pH.....	16
3.2 la conductivité électrique	16
4. Analyse des éléments nutritifs (N, P, K et carbone total)	16
4.1 Détermination de l'azote total (N).....	16
4.2. Détermination du potassium total (K)	18

Table des matières

4.3. Détermination du phosphore total (P)	19
4.4. Détermination du carbone total	21
Partie III : résultats et discussion	24
1. Analyse physique et chimique	24
1.1 Ph.....	24
1.2 la conductivité électrique	25
2.Analyse des éléments nutritifs (N, P, K et carbone total)	27
2.1 Carbone totale.....	27
2.2 Azote total et rapport C/N	28
2.3 Phosphore total	29
2.4 Potassium total.....	30
3. Sucres totaux.....	31
4. Protéines totales.....	32
Conclusion	34
Références bibliographiques	35

La production mondiale de pommes de terre ne cesse d'augmenter en raison de leur importance dans l'alimentation humaine et dans l'industrie agroalimentaire. La pomme de terre, appartenant à l'espèce *Solanum tuberosum* L., constitue l'une des principales cultures vivrières dans le monde grâce à sa valeur nutritive élevée, sa richesse en glucides et sa grande adaptabilité aux différentes conditions climatiques. Cependant, sa transformation industrielle et sa consommation génèrent d'importantes quantités de sous-produits et de déchets organiques, notamment les épluchures, les pulpes et les résidus de découpe (Sampaio et al., 2020).

Ces déchets représentent un défi environnemental majeur lorsqu'ils sont éliminés de manière inappropriée. Leur accumulation favorise la production de lixiviats, l'émission de gaz à effet de serre et la prolifération de microorganismes susceptibles d'affecter la qualité de l'environnement. Dans le contexte actuel de développement durable et d'économie circulaire, la valorisation des déchets agroalimentaires apparaît comme une solution prometteuse permettant à la fois de réduire la pollution et de produire des matières utiles à l'agriculture et à l'industrie (Rodríguez-Martínez et al., 2021).

Les épluchures et pelures de pomme de terre possèdent une composition chimique intéressante. Elles contiennent des glucides, des fibres alimentaires, des protéines, des composés phénoliques, des minéraux ainsi que d'autres substances bioactives présentant un intérêt nutritionnel et technologique. Plusieurs études ont montré que ces résidus constituent une source importante de carbone et d'éléments nutritifs pouvant être valorisés dans différents domaines, notamment la production de biocarburants, l'alimentation animale, l'extraction de composés bioactifs et la fabrication de compost (Vescovo et al., 2025).

Parmi les différentes méthodes de valorisation, le compostage représente une approche écologique particulièrement adaptée au traitement des déchets organiques biodégradables. Ce processus biologique repose sur l'action de microorganismes capables de dégrader la matière organique et de la transformer en un amendement stable, riche en éléments nutritifs et bénéfique pour les sols. Le compost obtenu contribue à améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols tout en réduisant le recours aux engrais chimiques (Hachicha et al., 2012).

L'efficacité du compostage dépend toutefois de plusieurs facteurs, notamment le rapport carbone/azote, l'humidité, l'aération, le pH, la température ainsi que la nature des matières premières utilisées. Dans cette optique, l'ajout de co-substrats riches en matière organique, tels que le marc de café, peut favoriser l'activité microbienne et accélérer la dégradation des déchets. Le marc de café constitue lui-même un résidu abondamment généré par les ménages,

les restaurants et les industries agroalimentaires. Sa richesse en matière organique, en azote et en composés minéraux lui confère un potentiel intéressant pour améliorer les performances du compostage et la qualité du produit final.

L'évaluation de la qualité d'un compost ou d'un amendement organique nécessite la détermination de plusieurs paramètres physico-chimiques. Le pH et la conductivité électrique permettent d'apprécier les conditions de maturation et le degré de stabilité du produit. De même, l'analyse des principaux éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium et le carbone constitue un indicateur essentiel de sa valeur fertilisante. La détermination des sucres totaux et de la teneur en lipides apporte également des informations importantes sur l'évolution de la matière organique au cours du processus de dégradation.

Dans ce contexte, la présente étude vise à valoriser les pelures de pomme de terre issues de déchets de restauration par un procédé de compostage en conditions contrôlées, tout en évaluant l'effet de l'ajout du marc de café sur les caractéristiques du produit obtenu. Pour atteindre cet objectif, des analyses physico-chimiques ont été réalisées afin de déterminer le pH, la conductivité électrique ainsi que les teneurs en azote, phosphore, potassium, carbone total, sucres totaux et lipides. Les résultats obtenus permettront d'apprécier le potentiel de ces déchets organiques comme source d'amendement agricole et de contribuer à leur gestion durable dans une perspective d'économie circulaire.

La présente étude comporte trois parties :

- ❖ Le premier chapitre présentera une synthèse bibliographique relative au compostage ainsi qu'aux caractéristiques spécifiques de la pelure de pomme de terre.
- ❖ La deuxième partie, intitulée « Matériel et méthodes », sera consacrée au matériel utilisé, aux protocoles expérimentaux mis en œuvre pour l'étude du compostage de pelures de pomme de terre, ainsi qu'aux différents paramètres susceptibles d'influencer le processus et aux techniques d'analyse correspondantes.
- ❖ Le troisième chapitre, intitulé « Résultats et discussion », présentera les principaux résultats obtenus et proposera une analyse critique de ceux-ci.

Partie I :
synthèse bibliographique

Partie I : synthèse bibliographique

1. Les déchets agroalimentaires

1.1 Définition des déchets

Un déchet est toute substance, tout matériau ou tout objet dont le détenteur se défait, a l'intention de se défaire ou est tenu de se défaire. Les déchets peuvent provenir des activités domestiques, agricoles, industrielles ou commerciales. Lorsqu'ils présentent un caractère dangereux, notamment par leur toxicité ou leur pouvoir polluant, ils peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement en contaminant l'air, l'eau et les sols, ainsi que sur la santé humaine (Gharfalkar et al., 2015).

La qualification de déchet repose davantage sur l'intention ou l'obligation de son détenteur de s'en défaire que sur sa composition intrinsèque. Ainsi, tout produit peut acquérir le statut de déchet lorsqu'il n'est plus destiné à l'usage initial prévu. À l'inverse, un déchet peut perdre ce statut lorsqu'il fait l'objet d'une réutilisation, d'un recyclage ou d'une valorisation conforme aux exigences réglementaires et techniques (Johansson, 2023).

2 Catégories des déchets

Les déchets sont généralement classés selon deux critères principaux : leur origine et leur nature (Pongrácz et Pohjola, 2004; Gharfalkar et al., 2015)

2.1. Classification des déchets selon leur origine

- Déchets ménagers et assimilés : déchets produits par les ménages ainsi que certains déchets provenant des commerces, bureaux et services présentant des caractéristiques similaires aux déchets ménagers.
- Déchets industriels : déchets issus des activités de production, de transformation et de fabrication industrielles.
- Déchets agricoles : résidus provenant des activités agricoles et d'élevage.
- Déchets d'activités de soins (DAS) : déchets générés par les établissements de santé et les activités médicales.
- Déchets radioactifs : déchets contenant des substances radioactives nécessitant une gestion spécifique.

2.2. Classification des déchets selon leur nature

- Déchets organiques ou biodégradables : déchets susceptibles d'être décomposés par les microorganismes (déchets alimentaires, déchets verts, résidus agricoles).
- Déchets inertes : déchets ne subissant aucune transformation physique, chimique ou biologique importante (béton, briques, gravats).
- Déchets non dangereux ou banals : déchets ne présentant pas de risque particulier pour la santé ou l'environnement.
- Déchets dangereux : déchets présentant une ou plusieurs propriétés de danger (toxiques, inflammables, corrosifs, infectieux, etc.).
- Déchets ultimes : déchets qui ne peuvent plus être valorisés ou traités dans les conditions techniques et économiques du moment.

3 La pelure de pomme de terre

En raison de son origine et de sa composition, la pelure de pomme de terre peut être valorisée en différents produits destinés à l'alimentation humaine ou animale. D'un point de vue économique et environnemental, sa valorisation représente une alternative intéressante à son élimination comme déchet (Kot *et al.*, 2020).

3.1 Origine

La pulpe de pomme de terre provient de l'industrie de la féculerie (figure 1). Elle constitue un résidu du processus de râpage des tubercules visant à en extraire la fécule (amidon). Cette production est saisonnière et s'étend généralement de septembre à janvier (Decruyenaere *et al.*, 2005).

Selon Mayer (1998), le traitement de 100 kg de pommes de terre génère entre 42 et 54 kg de pulpe humide, composée principalement d'un mélange de pelures et de pulpe cellulaire.

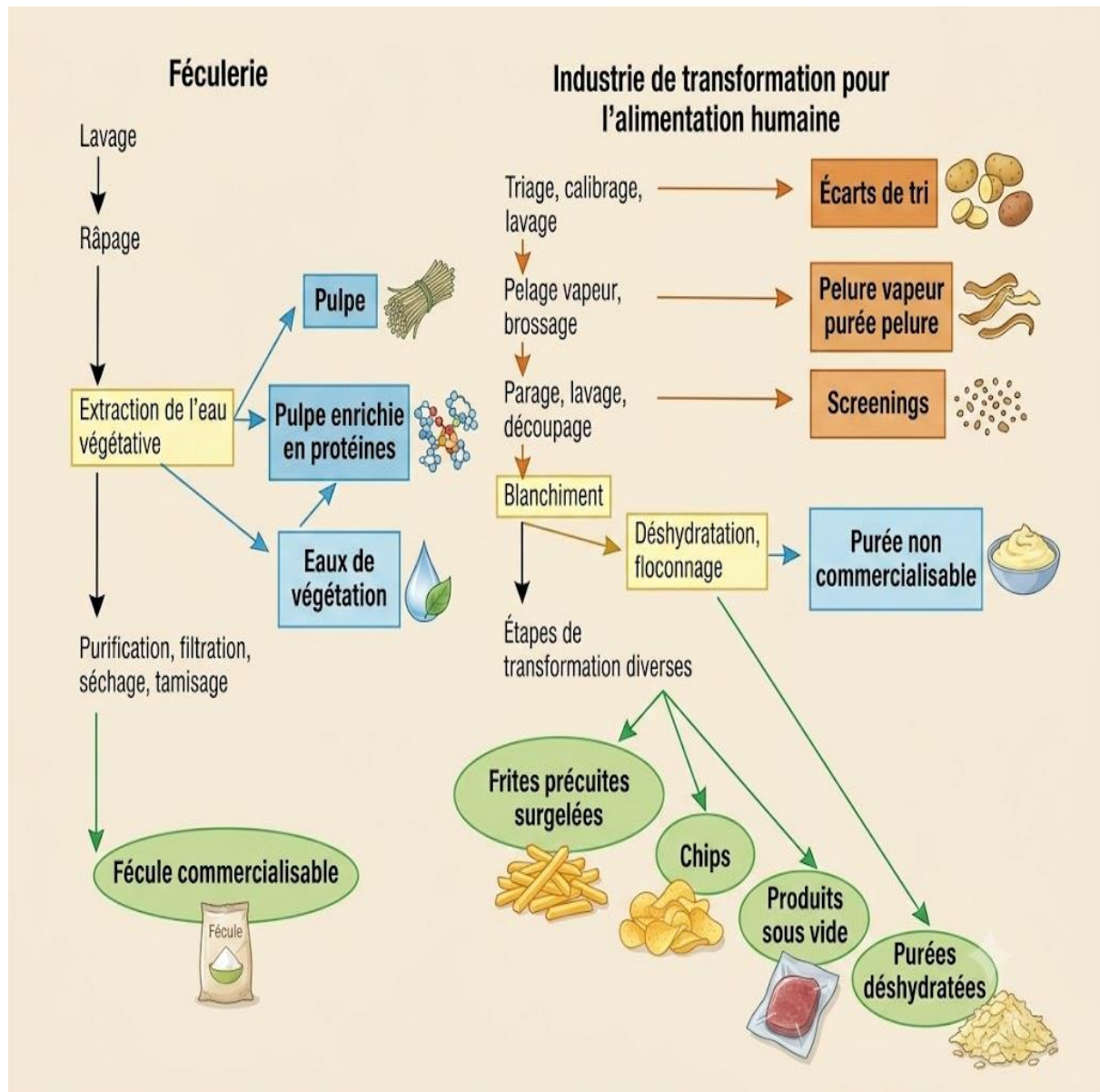


Figure 1 : Etapes de la production de fécule et de produits issus de la transformation de la pomme de terre (Morel d'Arleux 2001).

3.2 Composition chimique

La composition chimique de la pelure de pomme de terre est présentée dans le (tableau I) celle-ci se caractérise par une teneur en matière sèche de 13 % et une richesse en amidon (37 % de la matière sèche) ainsi qu'en fibres cellulosiques et pectiques (environ 48 % de la matière sèche).

Tableau I : Composition de la pelure de pomme de terre (Kot *et al.*, 2020)

Composant	Teneur (% p/p, poids frais)	Converti en matière sèche (% p/p)
Matière sèche	13,0	—
Cendres	0,5	4
Amidon	4,9	37
Cellulose	2,2	17
Hémicellulose	1,8	14
Pectines	2,2	17
Fibres	0,9	7
Protéines	0,5	4
Azote (N)	0,78	Non déterminé
Phosphore (P)	0,06	Non déterminé
Potassium (K)	0,26	Non déterminé
Magnésium (Mg)	0,1	Non déterminé
Calcium (Ca)	2,98	Non déterminé
Soufre (S)	0,87	Non déterminé

3.3 Problèmes générés par l'accumulation de la pulpe de pomme de terre

Riche en matières organiques, la pelure de pomme de terre est instable et sensible aux infections microbiennes, ce qui peut dégrader les sols en cas de mauvaise gestion. Sa dégradation rapide impose un séchage énergivore pour éviter son altération. Sa production est massive. Bien qu'utilisée comme aliment pour animaux, cette valorisation ne réduit que marginalement les quantités produites chaque année (Kot *et al.*, 2020).

3.3.1 Instabilité aérobie

L'incorporation du coproduit de pomme de terre dans les rations complètes réduit leur stabilité aérobie, se traduisant par une élévation rapide de la température et le développement de moisissures. Le temps de stabilité aérobie diminue de 117 heures en l'absence de coproduit à 54 heures lorsqu'il représente 20 % de la matière sèche. L'ajout de conservateurs chimiques permet une amélioration partielle, mais limitée (Franco *et al.*, 2021).

3.3.2 Périssabilité élevée

Le coproduit, du fait de sa forte teneur en eau (matière sèche de 202 g/kg), est sujet à une détérioration rapide, ce qui limite ses possibilités de stockage et de transport (Franco *et al.*, 2021). Le tableau II présente les principaux co-produits de la pomme de terre ainsi que leurs conditions de stockage respectives.

Tableau II : Condition et durée de conservation de quelques co-produits de la pomme de terre (Decruyenaere *et al.*, 2005).

Co-produits	Stockage	Durée de conservation
<i>Ecart de triage</i>	Vrac – sols bétonnés	2 à 3 mois (hiver)
	Silo bâché	3 à 4 semaines (printemps)
		12 mois
<i>Epluchures à la vapeur</i>	Citerne ou cuve	4 à 5 semaines
	Couverture organique	12 mois
<i>Purée solide</i>	Silo bâché	12 mois
<i>Pulpe surpressée</i>	Silo bâché	4 à 6 mois

3.3.3 Réduction de l'ingestion chez les bovins laitiers

L'inclusion du coproduit à hauteur de 135 g/kg de matière sèche dans la ration a entraîné une diminution significative de l'ingestion totale (26,3 kg MS/j contre 28,3 kg MS/j pour le témoin) et une baisse de la production de protéines et de lactose dans le lait (Franco *et al.*, 2021).

3.3.4 Nécessité d'un traitement conservateur

Pour pallier les risques de dégradation microbienne, un conservateur à base d'acide formique et propionique a été ajouté au coproduit dès sa collecte (5 L par tonne). Les

résultats montrent que les conservateurs améliorent la stabilité aérobie de manière dose-dépendante, sans toutefois supprimer totalement les altérations (Franco *et al.*, 202).

4 le compostage

Le compostage est un processus biologique aérobie de dégradation des déchets organiques par des micro-organismes. Ce procédé écologique permet de transformer les résidus organiques en compost, un amendement naturel utilisé pour améliorer la fertilité des sols. Il contribue ainsi à la réduction du volume des déchets et à la valorisation de la matière organique (Amuah *et al.*, 2022).

4.1 Définition de compostage

Le compostage consiste à recycler les déchets organiques et biodégradables, qu'ils proviennent de la cuisine ou du jardin ou bien des industries agroalimentaires, en les rassemblant pour qu'ils se décomposent naturellement. Ce processus, entièrement naturel, transforme ces déchets en une matière riche semblable à du terreau, appelée compost. Il permet ainsi de réduire la quantité de déchets tout en produisant un fertilisant utile pour enrichir les sols et favoriser la croissance des plantes. (Amuah *et al.*, 2022).

Le compost produit sur la ferme est utilisé comme fertilisant pour la production organique de fruits et légumes, de bambou, de Jatropha, etc. Les expériences acquises en la matière sont à la disposition du grand public (Narcisse *et al.*, 2009).

4.2 principes de compostage

Le compostage repose sur un principe fondamental commun à toutes les approches : il s'agit d'un processus biologique aérobie, c'est-à-dire nécessitant de l'oxygène, au cours duquel la matière organique est décomposée par des organismes vivants tels que les bactéries, les champignons, les vers et les insectes, pour aboutir à un produit stable et fertile appelé compost. Ce processus se déroule grâce à l'action conjointe de micro-organismes et d'organismes du sol, en deux étapes principales : dégradation puis maturation (Amuah *et al.*, 2022).

4.3 Les étapes de compostages

Le compostage est un processus biologique aérobie qui se déroule en trois phases successives, chacune étant caractérisée par des températures et des communautés microbiennes spécifiques (Onwosi *et al.*, 2017).

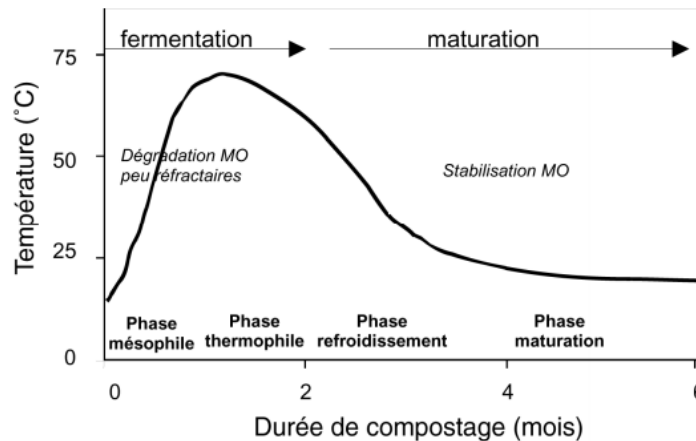


Figure 2 : Courbe théorique d'évolution de la température au cours du compostage (Francou., 2003).

- **Phase mésophile (initiale) :** Se produit à des températures comprises entre 15 et 45 °C. Durant cette étape, les microorganismes mésophiles (bactéries, champignons) dégradent rapidement les composés solubles et facilement biodégradables tels que les sucres, l'amidon et les protéines (Bernal *et al.*, 2009). L'activité métabolique génère de la chaleur, ce qui provoque une élévation progressive de la température du tas.
- **Phase thermophile :** Se caractérise par des températures allant de 45 à 70 °C. Lorsque la température dépasse 45 °C, les microorganismes thermophiles, principalement des bactéries du genre *Bacillus*, prennent le relais et accélèrent la dégradation des composés plus complexes comme la cellulose, l'hémicellulose et la lignine (Díaz *et al.*, 2007). Cette étape est cruciale pour l'hygiénisation du compost : le maintien d'une température égale ou supérieure à 55 °C pendant plusieurs jours permet la destruction des agents pathogènes, des parasites et des graines de mauvaises herbes (Onwosi *et al.*, 2017).
- **Phase de refroidissement et maturation :** Se déroule à température ambiante. Lorsque la matière organique facilement dégradable est épuisée, l'activité microbienne et la température diminuent progressivement, permettant aux microorganismes mésophiles de recoloniser le milieu (Bernal *et al.*, 2009). Cette phase, qui peut durer plusieurs mois, est essentielle à la formation d'humus stable, à l'élimination des composés phytotoxiques et à

l'obtention d'un compost mature, sans odeur désagréable et non phytotoxique pour les plantes (Amuah et al., 2022).

4.4 Les facteurs influençant

L'efficacité et la cinétique du processus de compostage sont conditionnées par la maîtrise de plusieurs paramètres opérationnels. Ces différents facteurs interagissent entre eux et doivent être maintenus dans des gammes de valeurs optimales afin de favoriser l'activité microbienne tout en limitant les éventuelles nuisances. (Bernal *et al.*, 2009 ; Amuah *et al.*, 2022)

- **Le rapport Carbone/Azote (C/N) et le mélange des matières** : Constitue un facteur déterminant. Le carbone fournit la source d'énergie aux microorganismes, tandis que l'azote est essentiel à leur croissance et à la synthèse des protéines. Un rapport C/N optimal se situe entre 25 et 35 (Bernal et al., 2009). Un rapport trop élevé (> 40) ralentit la décomposition par manque d'azote, tandis qu'un rapport trop bas (< 20) entraîne une perte d'azote par volatilisation de l'ammoniac, causant des odeurs et réduisant la valeur fertilisante du compost final (Onwosi *et al.*, 2017).
- **L'aération (oxygène)** : L'aération, qui correspond à la disponibilité en oxygène, constitue un paramètre essentiel dans la mesure où le compostage repose sur un processus aérobie. Pour garantir un métabolisme aérobie optimal, la teneur en oxygène doit être maintenue à un niveau supérieur à 10 %. Une aération insuffisante, résultant d'un compactage du tas ou d'un excès d'humidité, ralentit la décomposition et favorise l'émission de gaz à effet de serre tels que le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O). Le retournement régulier du compost permet de ré-aérer le mélange et d'homogénéiser la température au sein du tas. (Onwosi *et al.*, 2017; Díaz *et al.*, 2007).
- **L'humidité** : L'humidité constitue un autre paramètre critique du processus de compostage. L'eau représente le milieu dans lequel les microorganismes se déplacent et assurent le transport des nutriments. La plage d'humidité optimale se situe entre 50 et 60 %. Une humidité inférieure à 40 % inhibe l'activité biologique, tandis qu'un excès d'eau supérieur à 65 % remplit les pores du matériau, limitant ainsi l'oxygénation et favorisant les fermentations anaérobies, à l'origine d'odeurs désagréables. (Díaz *et al.*, 2007; Amuah *et al.*, 2022).
- **La température** : Est à la fois un facteur d'influence et un indicateur de l'activité microbienne. La phase thermophile, avec des températures comprises entre 50 et 65 °C, est

cruciale pour une décomposition rapide et pour l'hygiénisation du compost. Cependant, une température excessive ($> 70\text{ }^{\circ}\text{C}$) peut tuer les microorganismes utiles et réduire l'efficacité du processus (Bernal et al., 2009).

- **La taille des particules :** La taille des particules constitue un facteur influençant la porosité du tas ainsi que la surface disponible pour l'action des microorganismes. La dimension optimale est généralement comprise entre 1 et 6 cm. Les particules trop petites ($< 0,5\text{ cm}$) se compactent facilement, entravant la circulation de l'air et générant une densité excessive. Les particules trop grosses ($> 10\text{ cm}$) présentent une faible surface d'attaque, ce qui ralentit notablement la décomposition. L'utilisation d'un mélange hétérogène en taille permet de préserver une structure aérée favorable au processus (Díaz *et al.*, 2007; Onwosi *et al.*, 2017).

- **Le pH :** Le pH influence l'activité des enzymes microbiennes. La plupart des microorganismes impliqués dans le compostage préfèrent un pH proche de la neutralité, généralement compris entre 6,5 et 8,0. En début de processus, le pH peut devenir acide (pH 5-6) en raison de la production d'acides organiques, puis il remonte naturellement vers l'alcalinité (pH 8-8,5) durant la phase thermophile sous l'effet de la libération d'ammoniac. Un pH trop élevé favorise les pertes d'azote par volatilisation (Amuah *et al.*, 2022).

5 La valorisation du compost

5.1 Utilisation en agriculture

Le compost constitue une ressource essentielle dans les systèmes agricoles durables. Son utilisation en agriculture permet de valoriser efficacement les déchets organiques en les transformant en un amendement riche en nutriments, contribuant ainsi à la fertilisation des cultures. En effet, le compost issu de différents résidus organiques (déchets verts, boues d'épuration ou déchets ménagers) peut être réutilisé pour améliorer la productivité agricole tout en réduisant les impacts environnementaux liés à l'accumulation des déchets (Chennaoui *et al.*, 2016).

5.2 Amélioration du sol

Fréquemment fondées sur un système de culture agricole sans utilisation de matières organiques ou minérales, conduisent rapidement à la baisse de fertilité des sols. Les niveaux de production vivrière Sont dans la plupart des cas en dessous des besoins alimentaires. La matière organique du sol est considérée, à raison, comme indicateur du potentiel de durabilité des Écosystèmes de culture (FELLER *et al.*, 1994).

Pour corriger cela, il est nécessaire d'avoir recours à des fumures organiques accessibles aux producteurs, afin D'assurer une bonne alimentation des plantes et de gérer de manière durable ces écosystèmes (Derla Bekayo., 2003).

Le compostage constitue un traitement biologique des déchets organiques visant à stabiliser la fraction biodégradable de la matière organique tout en améliorant ses propriétés physico-chimiques. Ce procédé aboutit à l'élaboration d'un produit normalisé, conforme aux critères d'utilisation comme amendement organique pour les sols. La présente étude rend compte de l'évaluation de la qualité du produit obtenu à l'issue d'un essai sur pilote de compostage (Cécile Teglia., 2011).

5.3 Alternatives écologiques aux engrais chimiques

Les engrais chimiques, bien qu'agronomiquement efficaces, présentent des impacts environnementaux négatifs qui justifient le développement d'alternatives durables. Ce travail identifie plusieurs solutions prometteuses pour réduire la dépendance à ces fertilisants synthétiques. Contrairement aux engrais chimiques, lessivables et polluants, le compost enrichit durablement le sol sans risque pour l'environnement. Les fertilisants organiques (compost, fumier, digestats) constituent une solution vertueuse en valorisant les déchets tout en restituant la matière organique au sol. Ils libèrent leurs nutriments plus lentement que les engrais chimiques, ce qui les rend plus respectueux du sol. Le compost, en particulier, nourrit le sol et non seulement la plante, s'inscrivant ainsi parmi les alternatives naturelles aux engrais de synthèse (Kot et al., 2020).

La production de flocons de pommes de terre génère des déchets sous forme de pulpe. Il a été estimé qu'une usine d'une capacité de 7700 kg par heure produit environ 225 kg de déchets par heure. Actuellement, cette pulpe est utilisée comme aliment pour animaux. Toutefois, en raison de sa teneur élevée en amidon (pouvant atteindre 20 %), elle peut être valorisée

Partie I : synthèse bibliographique

comme substrat dans des procédés biotechnologiques, ce qui permet de limiter les coûts liés à son séchage (Izmirlioglu et Demirci., 2012).

Ainsi, la pulpe de pomme de terre a été utilisée comme source de carbone pour la production d'éthanol par la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Cependant, cette levure ne possède pas la capacité naturelle de fermenter l'amidon (Izmirlioglu et Demirci, 2016).

Partie II :

Matériel et méthodes

Le présent travail a été réalisé au niveau du pôle biochimie de la faculté SNV-STU, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. L'étude expérimentale du compostage est réalisée sur un déchet organique considéré comme un résidu agricole : la pulpe de pomme de terre, en vue de sa valorisation en compost destiné à l'amendement des sols.

Les pulpes de pomme de terre, comme de nombreuses biomasses, sont des produits ayant probablement des capacités à restituer de la matière organique au sol et à favoriser sa fertilité après un processus de compostage contrôlé. Pour vérifier cette hypothèse nous avons réalisé une étude expérimentale sur les différents paramètres qui influencent le processus de compostage.

Afin d'étudier l'effet d'un co-substrat sur le compostage de la pulpe de pomme de terre, du marc de café a été incorporé au mélange initial. La comparaison des résultats obtenus avec et sans ajout de marc de café permet d'apprécier son influence sur le processus et de juger de la potentialité de transformer ce déchet en compost.

1. Préparation de l'échantillon

Les échantillons utilisés dans cette étude sont constitués de pulpes de pomme de terre provenant de déchets collectés dans un restaurant local. La collecte a été réalisée de manière à obtenir une quantité représentative des déchets produits.

Après avoir été collectées, les pulpes ont été soigneusement nettoyées avec de l'eau pour éliminer les impuretés superficielles (résidus alimentaires, sels, graisses) qui pourraient perturber le processus de compostage (Kot *et al.*, 2020).

Deux échantillons ont été préparés à partir des pulpes de pomme de terre afin d'évaluer l'effet de l'ajout de marc de café sur le processus de compostage :

- Échantillon 1 (témoin) : pulpes de pomme de terre seules (**PPT**), sans ajout de marc de café.
- Échantillon 2 (essai) : pulpes de pomme de terre additionnées de marc de café (**PPT MC**).

La comparaison entre ces deux échantillons a permis de déterminer l'influence du marc de café sur les paramètres physico-chimiques et la maturation du compost. Le marc de café accélère significativement le processus de compostage en stimulant l'activité microbienne, permettant une réduction du temps nécessaire à la décomposition (Hachicha *et al.*, 2012).

2. Protocole de compostage

Les échantillons lavés (échantillon 1 : **PPT**, échantillon 2 : **PPT MC**) ont été placés séparément dans des contenants fermés contenant de l'eau distillée (500ML). Une source de sucre ainsi que de la levure (5g) (*Saccharomyces cerevisiae*) y ont été ajoutées. L'ensemble a été maintenu à une température comprise entre 25 °C et 35 °C pendant une fermentation de 15 jours (figure 03). Cette phase initiale, appliquée de manière identique aux deux échantillons, visait à amorcer la dégradation biologique de la matière organique en conditions contrôlées (Kitamura, Y *et al.* 2005).

À l'issue de cette fermentation, le mélange a été filtré pour séparer la phase solide des éventuels excès de liquide. La fraction liquide récupérée afin d'évaluer la qualité du produit final (amendement organique).



Figure 3 : Préparation de l'échantillon après 15jr de fermentation

3 Analyses physique et chimique

3.1 pH

Le pH a été mesuré directement sur la phase liquide des deux échantillons à l'aide d'un pH-mètre équipé d'une électrode de verre, conformément à la norme (NF ISO 10523 (2012). (Figure 4)

L'échantillon est prélevé en un seul volume total de 20 ml, L'électrode de verre est plongée dans ce volume jusqu'à stabilisation de la mesure, après rinçage à l'eau distillée.

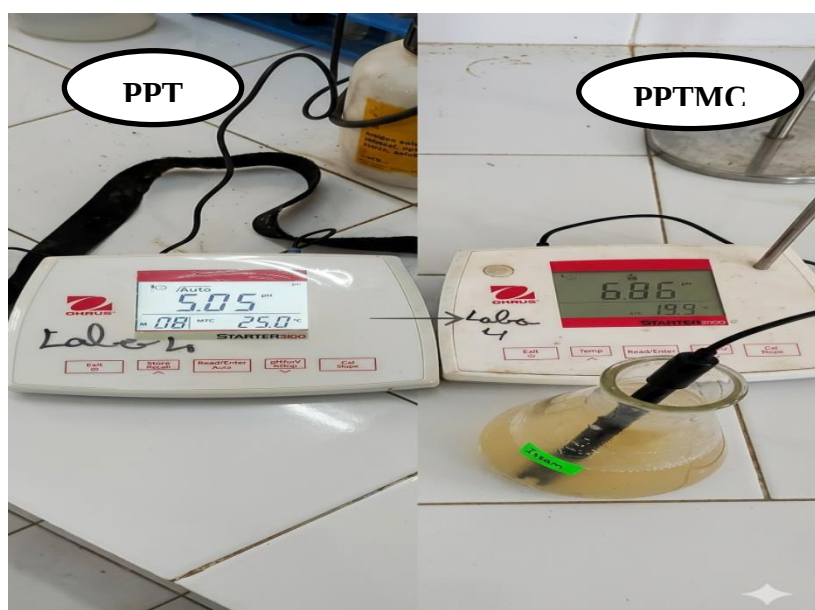


Figure 4 : pH-mètre

3.2 la conductivité électrique

La conductivité électrique a été mesurée directement sur la phase liquide des deux échantillons à l'aide d'un conductimètre muni d'une cellule de conductivité, conformément aux recommandations de la norme NF EN 27888.

Pour chaque échantillon, un volume unique de 20 ml a été prélevé. Avant chaque analyse, la cellule de mesure a été rincée à l'eau distillée afin d'éviter toute contamination croisée, puis immergée dans l'échantillon jusqu'à stabilisation de la valeur de la conductivité.

4. Analyse des éléments nutritifs (N, P, K et carbone total)

4.1 Détermination de l'azote total (N)

L'azote total de la phase liquide des échantillons PPT et PPT MC a été déterminé selon la méthode de Kjeldahl, fondée sur la transformation de l'azote organique en ions ammonium par digestion sulfurique, suivie de la libération de l'ammoniac en milieu alcalin, de son entraînement par distillation et de sa quantification par titrage acido-basique.

4.1.1 Principe

La méthode de Kjeldahl comprend trois étapes successives : (i) la minéralisation de l'azote organique en ions ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, (ii) la distillation de l'ammoniac libéré après alcalinisation du milieu et son piégeage dans une solution d'acide borique, puis (iii) le dosage de l'ammoniac recueilli par titrage avec une solution étalon d'acide chlorhydrique. La teneur en protéines brutes est obtenue en multipliant la teneur en azote total par le facteur de conversion 6,25.

4.1.2 Mode opératoire

Minéralisation

Cinq millilitres d'échantillon homogénéisé ont été introduits dans un matras de Kjeldahl, auxquels ont été ajoutés 2 g de mélange catalytique, 25 mL d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) et 2 mL de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Le mélange a été chauffé progressivement jusqu'à l'obtention d'une solution limpide, signe de l'achèvement de la digestion. Après refroidissement à température ambiante, le minéralisat a été transféré quantitativement dans une fiole jaugée de 100 mL et complété au volume avec de l'eau distillée.

Distillation

Un aliquote de 10 mL du minéralisat a été introduit dans l'unité de distillation. Après addition de 20 mL d'eau distillée et de 30 mL d'une solution de soude (NaOH) à 35 %, l'ammoniac libéré a été entraîné par distillation et recueilli dans un erlenmeyer contenant une solution d'acide borique (H_3BO_3) à 0,1 N additionnée de l'indicateur mixte de Tashiro. La distillation a été poursuivie pendant 4 min (figure 5).

Titrage

L'ammoniac piégé dans la solution d'acide borique a été dosé par titrage avec une solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,1 N jusqu'au virage de l'indicateur de Tashiro, matérialisé par le passage de la coloration verte à une coloration rose violacée (figure 6).

La teneur en azote total a été calculée à partir du volume d'acide chlorhydrique consommé lors du titrage. La teneur en protéines brutes a ensuite été estimée en appliquant le facteur de conversion de 6,25.



Figure 5 : Appareille utiliser pour la distillation



Figure 6 : Coloration rose-violacée de l'indicateur de Tashiro

4.2. Détermination du potassium total (K)

La teneur en potassium total de la phase liquide des échantillons PPT et PPT MC a été déterminée par photométrie de flamme à l'aide d'un photomètre à flamme (Figure 7). Cette méthode est fondée sur la propriété des ions potassium d'émettre un rayonnement lumineux caractéristique lorsqu'ils sont introduits dans une flamme. L'intensité de cette émission est directement proportionnelle à la concentration de potassium présente dans l'échantillon, ce qui permet sa quantification après étalonnage.

Principe

Sous l'effet de la chaleur de la flamme, les atomes de potassium sont excités puis retournent à leur état fondamental en émettant un rayonnement de longueur d'onde spécifique. L'intensité du signal émis est mesurée par le photomètre à flamme et comparée à celle obtenue pour des solutions étalons de concentrations connues afin de déterminer la concentration en potassium de l'échantillon.

Mode opératoire

Les échantillons liquides ont été préalablement filtrés sur une membrane de $0,8\ \mu\text{m}$ afin d'éliminer les particules en suspension. Une gamme d'étalonnage a ensuite été préparée à partir d'une solution standard de potassium à 1000 ppm, couvrant une plage de concentrations comprise entre 1 et 1000 ppm.

Avant analyse, les échantillons ont été dilués au 1/2 et au 1/4 avec de l'eau ultrapure. Les solutions étalons, les échantillons dilués ainsi qu'un blanc analytique constitué d'eau

Partie II : Matériel et méthodes

ultrapure ont été analysés à l'aide du photomètre à flamme conformément à la norme AFNOR NF EN 25663 (1994).

La concentration en potassium a été déterminée par interpolation sur la courbe d'étalonnage établie dans les mêmes conditions expérimentales. Chaque échantillon a été analysé en triplicat et les résultats sont exprimés en mg K/L.



Figure 7 : Photomètre à flamme utilisé pour la détermination du potassium total.

4.3. Détermination du phosphore total (P)

La teneur en phosphore total de la phase liquide des échantillons PPT et PPT MC a été déterminée par la méthode colorimétrique au bleu de molybdène décrite par Murphy and Riley. Cette méthode repose sur la formation d'un complexe coloré dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en phosphore présente dans l'échantillon.

Principe

Après minéralisation de l'échantillon, les différentes formes de phosphore sont converties en orthophosphates (PO_4^{3-}). En milieu acide, ces ions réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe phosphomolybdique. En présence d'acide ascorbique comme agent réducteur et de tartrate d'antimoine et de potassium comme catalyseur, ce complexe est réduit en un composé de couleur bleue appelé « bleu de molybdène » (figure 8). L'intensité de la coloration obtenue est mesurée par spectrophotométrie et est directement proportionnelle à la concentration en phosphore de l'échantillon.

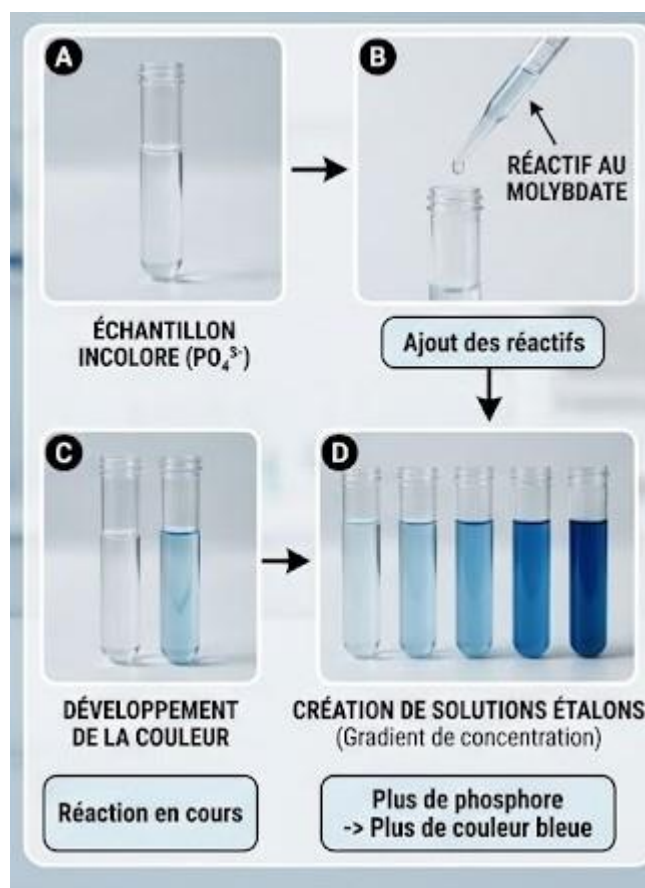


Figure 8 : Principe du dosage colorimétrique du phosphore par la méthode au bleu de molybdène.

Mode opératoire

Les échantillons liquides ont été filtrés sur une membrane de $0,45\ \mu\text{m}$ avant d'être soumis à une étape de minéralisation réalisée à $350\ ^\circ\text{C}$ en présence d'acide sulfurique (H_2SO_4) et de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), afin de convertir l'ensemble des formes de phosphore en orthophosphates.

Le réactif mixte a été préparé selon la méthode de Murphy et Riley (1962) à partir de molybdate d'ammonium, d'acide ascorbique, d'acide sulfurique et de tartrate d'antimoine et de potassium. Pour le développement de la coloration, 5 mL d'échantillon minéralisé (ou dilué si nécessaire) ont été mélangés à 2 mL de réactif mixte, puis le volume a été ajusté à 25 mL avec de l'eau distillée. Après homogénéisation, les solutions ont été laissées à température ambiante pendant 15 min afin de permettre le développement complet de la coloration.

Partie II : Matériel et méthodes

L'absorbance a ensuite été mesurée à une longueur d'onde de 880 nm (ou 820 nm selon les caractéristiques du spectrophotomètre). L'étalonnage a été réalisé à partir de solutions standards préparées à partir d'une solution mère de phosphate monopotassique (KH_2PO_4), couvrant une gamme de concentrations comprise entre 0 et 2 mg P/L.

La concentration en phosphore total a été déterminée par interpolation à partir de la courbe d'étalonnage (figure 9). Les analyses ont été réalisées en triplicat et les résultats sont exprimés en mg P/L.

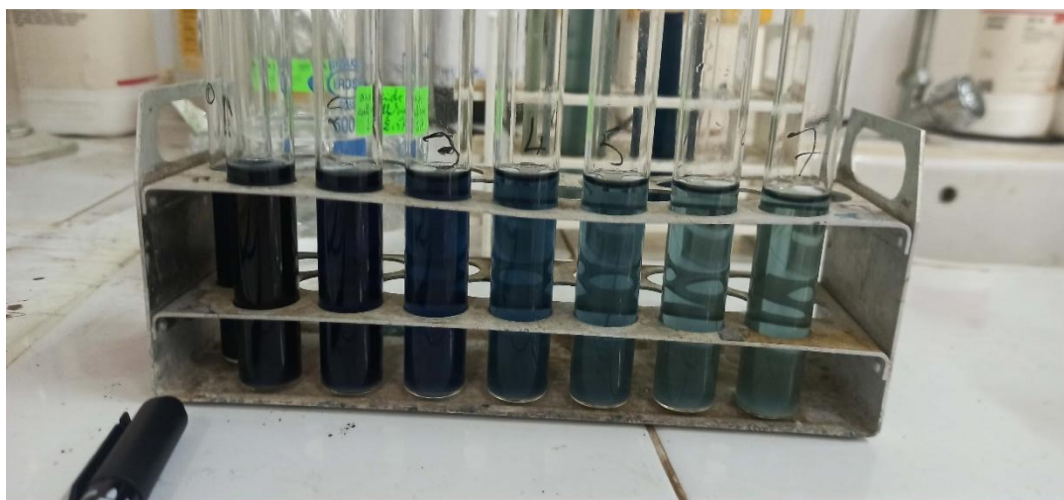


Figure 9 : Courbe d'étalonnage utilisée pour la détermination du phosphore total.

4.4. Détermination du carbone total

Le carbone total des échantillons a été estimé par calcul à partir des teneurs en protéines totales, sucres totaux et lipides totaux déterminées expérimentalement. Cette méthode repose sur l'estimation de la fraction carbonée moyenne de chaque famille de composés organiques.

Les teneurs obtenues ont été exprimées en g/L puis converties en carbone équivalent en appliquant les coefficients de conversion suivants : 0,53 pour les protéines, 0,40 pour les glucides et 0,77 pour les lipides. Le carbone total a ensuite été calculé selon l'équation suivante :

$$C_{total} = (0.53 \times \text{Protéines}) + (0.40 \times \text{Sucres}) + (0.77 \times \text{Lipides})$$

Les protéines, sucres et lipides correspondent aux concentrations obtenues expérimentalement (Lourenço *et al.*, 2004).

Les protéines brutes des échantillons ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl, basée sur le dosage de l'azote total. Cette méthode comprend une étape de minéralisation de l'échantillon en présence d'acide sulfurique concentré et d'un catalyseur, suivie d'une distillation et d'un titrage de l'azote ammoniacal obtenu.

La teneur en protéines brutes a ensuite été calculée à partir de la teneur en azote total en appliquant le facteur de conversion 6,25, selon l'équation suivante :

$$\text{Protéines brutes } \left(\frac{g}{l}\right) = \text{Azote total } \left(\frac{g}{l}\right) \times 6.25$$

4.4.1. Détermination des sucres totaux par la méthode au phénol-sulfurique

Le dosage des sucres totaux a été réalisé selon la méthode colorimétrique au phénol-acide sulfurique (Dubois et al., 1956), couramment utilisée pour l'analyse des glucides dans les matrices organiques complexes telles que les déchets agroalimentaires. Le principe méthodologique est le suivant : l'acide sulfurique concentré provoque la déshydratation des glucides en dérivés furfuraliques (furfural et hydroxyméthylfurfural) ; ces composés intermédiaires se condensent ensuite avec le phénol pour former des chromophores jaune-orangé dont l'absorbance, est proportionnelle à la concentration en sucres totaux.

Mode opératoire :

1/Préparation de l'acide sulfurique a concentration 0.5 M : Une solution d'acide sulfurique à 0,5 mol/L a été préparée en respectant la règle de sécurité fondamentale : **toujours verser l'acide dans l'eau, jamais l'inverse**. Sous hotte, 27,2 ml d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4 , 95-97 %, $d = 1,84$) ont été prélevés et ajoutés lentement à environ 500 ml d'eau distillée contenus dans un bécher de 500 ml, sous agitation douce. Après refroidissement, la solution a été transférée dans une fiole jaugée de 1 L, complétée au trait de jauge avec de l'eau distillée, puis homogénéisée. La solution a été conservée dans un flacon en verre étiqueté (0,5 mol/L H_2SO_4 , date, corrosif).

La détermination des sucres totaux a été réalisée selon le protocole suivant. Dans des tubes à essai préalablement séchés, 1 ml de chaque échantillon ou solution étalon a été introduit, suivi de l'addition de 1 ml d'une solution de phénol. Par la suite, 5 ml d'acide sulfurique concentré a 0.5 M ont été ajoutés rapidement, le jet étant dirigé directement sur la surface du liquide afin de provoquer une homogénéisation instantanée et de générer l'élévation de température nécessaire à la réaction de déshydratation des glucides. Les tubes ont été

immédiatement agités à l'aide d'un agitateur vortex. Après refroidissement à température ambiante, l'absorbance des solutions a été mesurée à l'aide d'un colorimètre. Un blanc constitué d'eau distillée, soumis au même traitement, a été utilisé pour la mise à zéro de l'appareil.

4.4.2. Détermination de la teneur en lipides par la méthode de Soxhlet

La teneur en lipides des échantillons a été déterminée par la méthode d'extraction au Soxhlet, une technique de référence largement utilisée en analyse alimentaire. Cette méthode repose sur l'extraction continue des matières grasses à l'aide d'un solvant organique volatil (hexane), permettant une récupération efficace des lipides contenus dans l'échantillon. Les échantillons préalablement séchés et broyés ont été soumis à une extraction par reflux dans un appareil de Soxhlet pendant plusieurs heures (4 h). Après évaporation du solvant, la quantité de lipides extraite a été déterminée par pesée gravimétrique, puis exprimée en pourcentage de la masse initiale de l'échantillon. (Holman, B *et al* 2019).

4.4.3. Analyse statistique

Les données ont été exprimées sous forme de moyenne $\pm$ écart-type d'au moins trois expériences. L'analyse statistique des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS version 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Une analyse de variance à un facteur (ANOVA à un facteur) a été utilisée afin d'étudier les différences entre les différents extraits pour l'ensemble des essais. Les comparaisons post hoc ont été effectuées selon les tests de Tukey. Dans tous les cas, une valeur de $p < 0,05$ a été considérée comme statistiquement significative

Partie III :

Résultats et discussion

Dans cette partie, nous présentons et discutons l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus. Comme indiqué précédemment, le programme expérimental réalisé a été consacré à la valorisation d'un compost élaboré à base de pulpe de pomme de terre, avec ou sans ajout de marc de café. Une étude expérimentale approfondie a été menée, portant sur :

- L'influence de quelques paramètres physico-chimiques (pH, conductivité électrique, humidité) sur la qualité du compost.
- La détermination des teneurs en matière organique, carbone total, azote total et rapport C/N.
- Le dosage des éléments fertilisants (phosphore, potassium) ainsi que des sucres totaux et des protéines brutes.

1. Analyse physique et chimique

1.1 pH

Les valeurs de pH mesurées pour les deux échantillons sont présentées dans la figure 10.

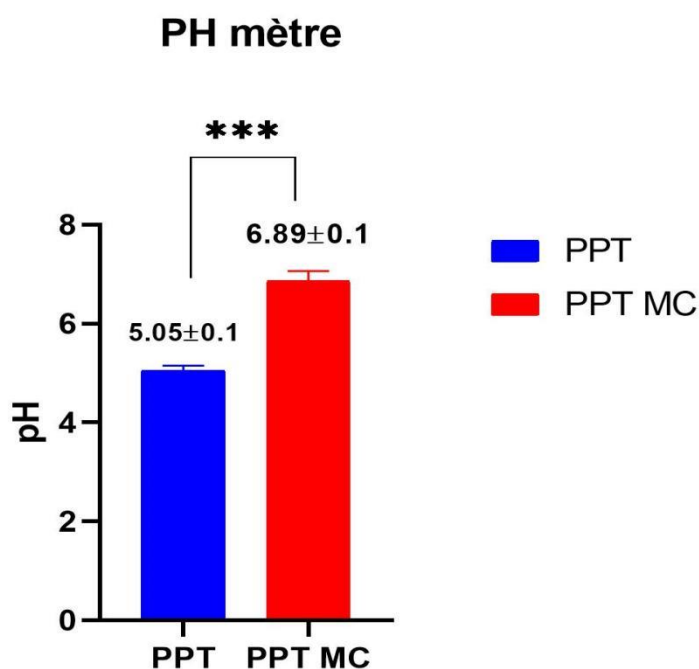


Figure 10 : Valeurs du pH des deux échantillons étudiés

L'échantillon PPT présente un pH de 5,05, significativement inférieur à celui de l'échantillon PPTMC. Par ailleurs, l'incorporation du marc de café entraîne une augmentation du pH, qui atteint une valeur de 6,89, proche de la neutralité.

Le pH est un paramètre fondamental qui conditionne l'activité microbienne au cours du compostage et la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes. Un pH compris entre 6,5 et 8 est généralement considéré comme optimal pour la plupart des micro-organismes décomposeurs (Bernal *et al.*, 2009).

La valeur acide de l'échantillon PPT (5,05) est typique des déchets végétaux frais, en particulier des pulpes de pomme de terre qui contiennent des acides organiques (acide citrique, acide malique) et des composés phénoliques (Khiari *et al.*, 2019). Des résultats similaires ont été rapportés par Obeng *et al.*, 2020, qui ont mesuré un pH de 4,8 à 5,2 pour des déchets de transformation de pomme de terre.

L'augmentation du pH dans l'échantillon PPT MC (6,89) peut s'expliquer par plusieurs mécanismes. D'une part, l'apport de composés alcalins par le marc de café : bien que le marc de café frais soit légèrement acide (pH 5,5-6,5), sa dégradation libère des cations basiques (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) qui contribuent à l'augmentation du pH (Cruz *et al.*, 2012).

Des augmentations similaires du pH ont été rapportées par Zhang & Sun (2017) lors du co-compostage de déchets verts avec du marc de café, avec une hausse de 5,2 à 7,4 après 21 jours (Zhang & Sun., 2017).

Un pH proche de la neutralité (6,5-7,5) est considéré comme optimal pour l'activité des enzymes hydrolytiques (cellulases, protéases) impliquées dans la dégradation de la matière organique, l'ajout de marc de café améliore les conditions du milieu pour accélérer le compostage (Richard *et al.*, 2002).

1.2 la conductivité électrique

Les valeurs de conductivité électrique (CE) mesurées pour les deux échantillons sont présentées dans la figure 11.

L'échantillon PPT présente une conductivité électrique de **9,1 mS/cm**, significativement supérieure à celle de l'échantillon PPT MC. Par ailleurs, l'incorporation du marc de café entraîne une diminution de la conductivité électrique, qui atteint une valeur de **5,3 mS/cm**, soit une réduction de 42 % par rapport à l'échantillon témoin.

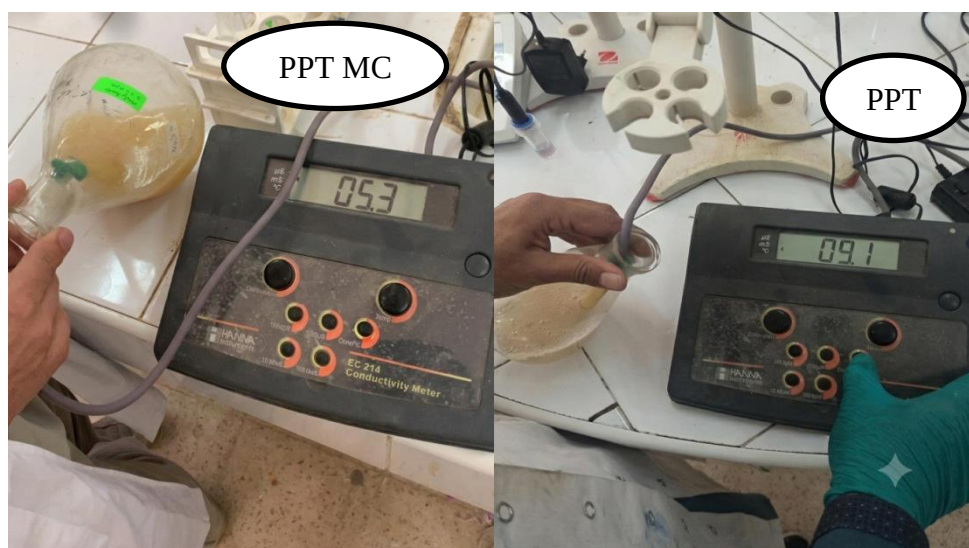


Figure 11 : Valeurs de conductivité électrique

La conductivité électrique est un paramètre essentiel qui reflète la concentration en sels solubles dans le compost. Une valeur inférieure à 4 mS/cm est généralement considérée comme non phytotoxique et adaptée à une utilisation agricole (Bernal *et al.*, 2009). Au-delà de ce seuil, le compost peut présenter un risque de salinité excessive pour les plantes sensibles.

La valeur élevée de l'échantillon PPT (9,1 mS/cm) s'explique par la richesse naturelle de la pulpe de pomme de terre en ions minéraux, notamment en potassium (K^+) et en chlorures (Cl^-), ainsi que par l'ajout potentiel de sels lors des étapes de nettoyage et de fermentation (Obeng *et al.*, 2020).

La diminution de la conductivité électrique dans l'échantillon PPT MC (9,1 $\rightarrow$ 5,3 mS/cm) peut s'expliquer par plusieurs mécanismes. D'une part, l'apport de marc de café, qui possède une conductivité naturellement plus faible (environ 2-3 mS/cm), dilue la concentration globale en sels. D'autre part, la matière organique supplémentaire favorise l'immobilisation des cations par les micro-organismes et leur complexation, réduisant ainsi la fraction ionique libre dans le milieu (Hachicha *et al.*, 2012).

Malgré cette amélioration, la valeur de 5,3 mS/cm reste supérieure au seuil recommandé de 4 mS/cm, ce qui suggère que les deux échantillons, bien que le mélange avec marc de café soit plus performant, nécessiteraient un compostage plus long ou un lessivage supplémentaire avant une utilisation agricole sans risque.

2. Analyse des éléments nutritifs (N, P, K et carbone total)

2.1 Carbone totale

Les teneurs en carbone total sont présentées dans la figure 12.

L'échantillon PPT MC présente une teneur en carbone inférieure de 12 % par rapport au PPT seul.

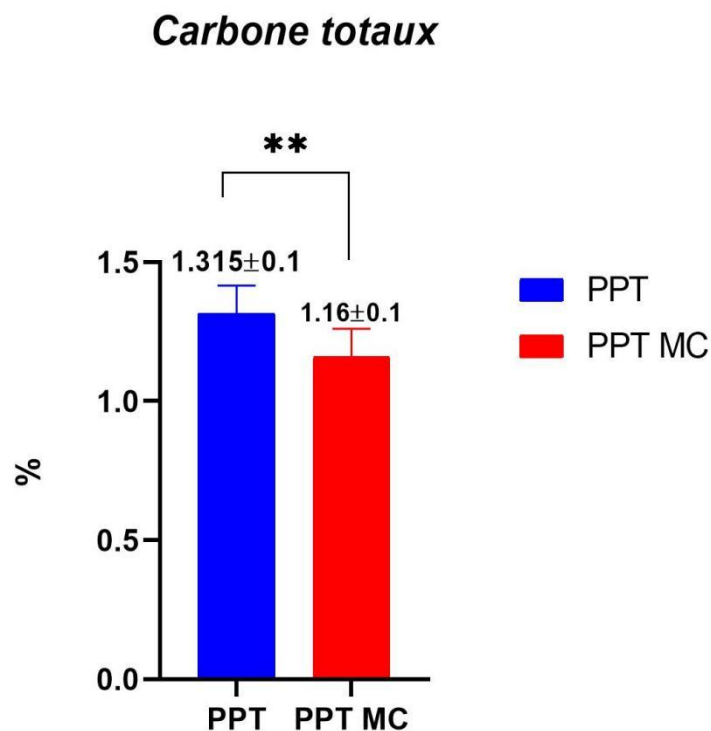


Figure 12 : Teneurs en carbone total des deux échantillons

La teneur totale en carbone a diminué significativement dans l'échantillon PPT MC (1.16 ± 0.1) par rapport au l'échantillon PPT (1.315 ± 0.1). Cette diminution correspond à une réduction d'environ 12 % de la teneur en carbone dans l'échantillon PPTMC par rapport au PPT seul.

Le carbone total représente la fraction organique du compost et constitue la source d'énergie pour les micro-organismes décomposeur. La teneur en carbone des deux échantillons (1.16 - 1.31 %) est relativement faible comparée aux valeurs classiques rapportées dans la littérature pour les composts matures (15-40 % de matière sèche) (Paredes *et al.*, 2000).

Les faibles valeurs observées s'expliquent probablement par le fait que les analyses ont été réalisées sur les mélanges initiaux, avant la phase de dégradation intensive. Par ailleurs, la

pulpe de pomme de terre est riche en eau (environ 80-90 % d'humidité) et relativement pauvre en carbone par rapport à d'autres substrats comme les déchets verts ou les pailles (Chojnacka *et al.*, 2020).

La diminution du carbone dans l'échantillon PPT MC (1,315 → 1,160 %) peut refléter une activité microbienne plus intense induite par l'apport de marc de café.

2.2 Azote total et rapport C/N

Les valeurs d'azote total et de rapport C/N sont illustrées dans la figures 13 : On observe un rapport C/N identique (13,3) pour les deux échantillons.

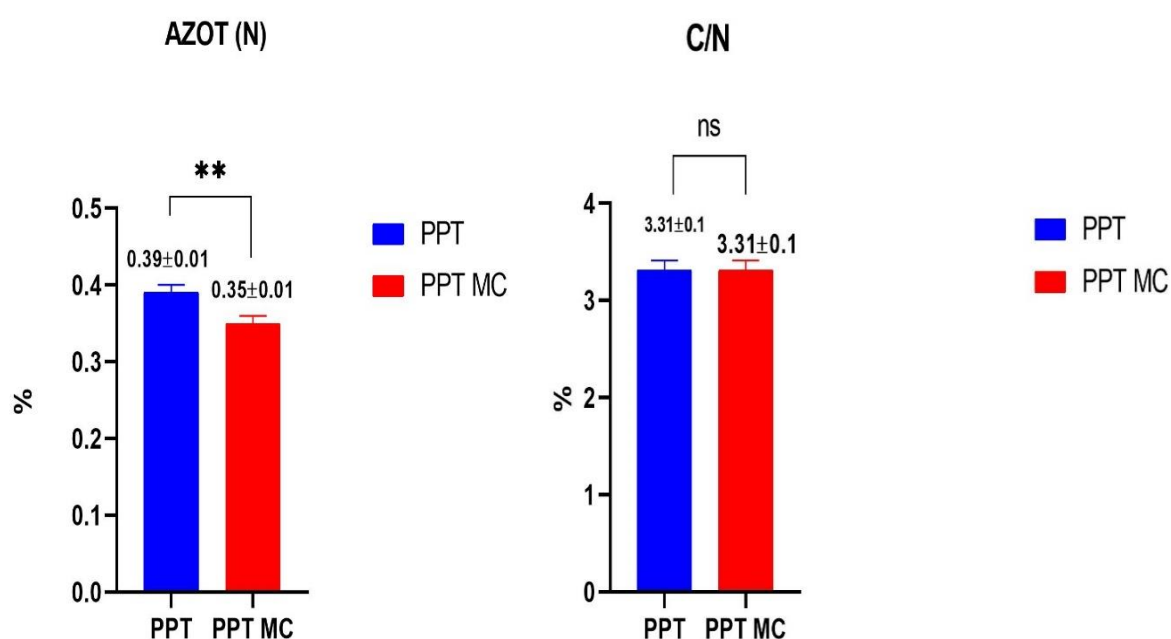


Figure 13 : Azote total et Rapport C/N des deux échantillons

La figure 13 montre une diminution significative de la valeur mesurée dans l'échantillon PPTMC ($0,35 \pm 0,01$) par rapport à celle observée dans l'échantillon PPT ($0,39 \pm 0,01$).

L'azote total est un indicateur de la valeur fertilisante du compost, Les valeurs obtenues ($0,35-0,39$ %) sont comparables à celles rapportées par Obeng *et al.* (2020) pour des pulpes de pomme de terre ($0,3-0,5$ %). Ces valeurs sont inférieures à celles des composts urbains matures ($1-3$ %) (Paredes *et al.*, 2000), ce qui confirme le caractère initial de nos échantillons.

La légère diminution de l'azote dans l'échantillon PPT MC ($0,39 \rightarrow 0,35$ %) peut s'expliquer par la volatilisation de l'ammoniac. En effet, le pH plus élevé de l'échantillon PPT MC ($6,89$)

favorise la transformation de l'ammonium en ammoniac (NH_3). Ce phénomène a été observé par plusieurs auteurs lors du compostage de mélanges riches en azote (Sánchez-Monedero *et al.*, 2001 ; Hachicha *et al.*, 2012).

Le rapport C/N est l'un des indicateurs les plus utilisés pour évaluer la maturité d'un compost. Un rapport C/N inférieur à 15-20 est généralement considéré comme caractéristique d'un compost mature. La valeur de 13,3 obtenue pour les deux échantillons indique donc un bon équilibre carbone-azote. Des valeurs similaires (C/N de 12-15) ont été rapportées par Zhang & Sun (2017) pour des composts de déchets verts additionnés de marc de café.

Le rapport C/N identique entre les deux échantillons suggère que l'ajout de marc de café n'a pas modifié l'équilibre global, ce qui est cohérent avec les observations de Cervera-Mata *et al.* (2020).

2.3 Phosphore total

Le phosphore constitue un élément nutritif essentiel pour les plantes. Les résultats obtenus, présentés à la Figure 14, montrent une augmentation significative de la teneur en phosphore dans l'échantillon PPTMC ($37,37 \pm 0,10$) par rapport à l'échantillon PPT ($13,09 \pm 0,10$).

Ces valeurs sont nettement supérieures aux fourchettes habituellement rapportées dans la littérature, qui se situent généralement entre 0,2 et 1 % de la matière sèche des composts. Un tel écart suggère que les résultats sont exprimés en P_2O_5 (pourcentage de cendres) ou que l'échantillon a subi une concentration importante au cours du processus expérimental. (Paredes *et al.*, 2000)

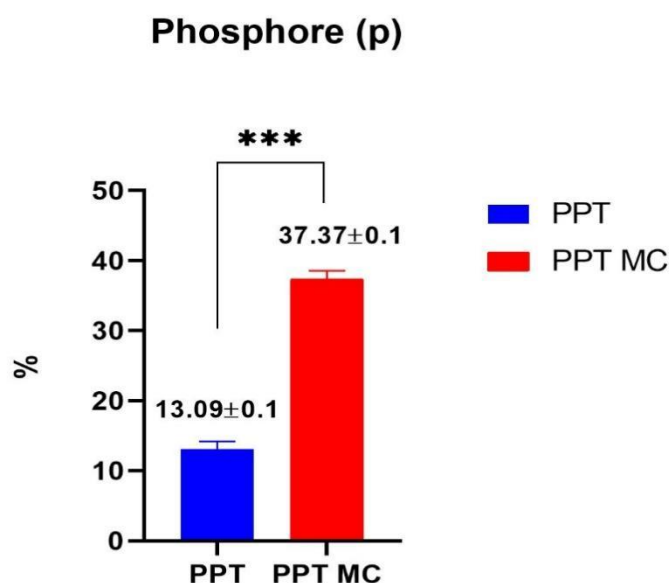


Figure 14 : Teneurs en phosphore total

Néanmoins, l'augmentation de la teneur en phosphore dans l'échantillon PPT MC (43 % contre 37 %) est significative. Cette hausse s'explique par la richesse naturelle du marc de café, qui contient de 0,2 à 0,5 % de phosphore total, une valeur supérieure à celle de la pulpe de pomme de terre (0,1-0,3 %). Des résultats similaires ont été rapportés par Cervera-Mata *et al.* (2020), qui ont observé une augmentation du phosphore dans les composts enrichis en marc de café.

La perte de matière organique (minéralisation) dans l'échantillon PPT MC entraîne également une concentration relative du phosphore (Bernal *et al.*, 1998). Le phosphore des composts est généralement peu disponible (moins de 10 % du phosphore total), mais son apport reste bénéfique pour les sols pauvres en phosphore.

2.4 Potassium total

La figure 15 montre que L'échantillon PPT MC présente une teneur en potassium nettement inférieure (72 % de réduction).

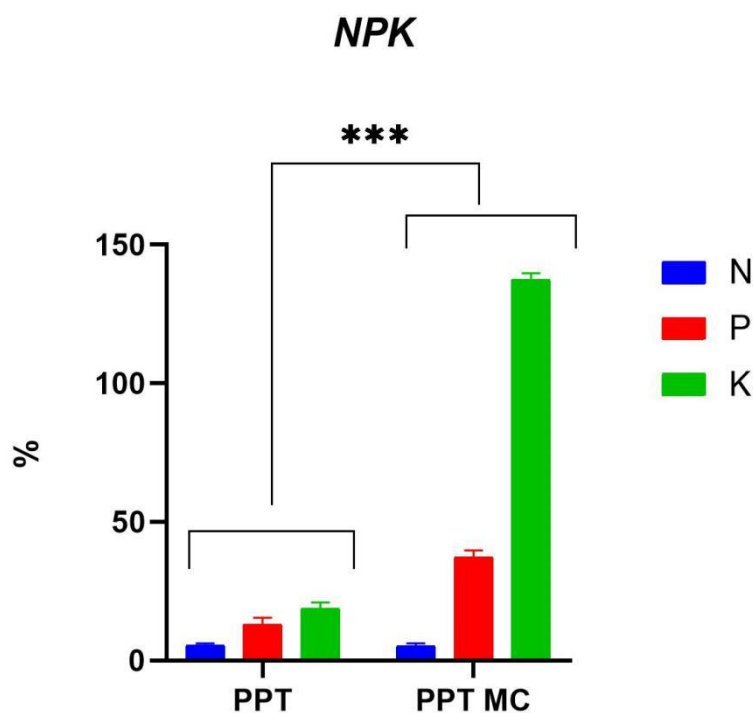


Figure 15 : Valeurs de N, P, K

Le potassium (K) est un élément mobile dans les plantes, impliqué dans la régulation osmotique et l'activation enzymatique (Marschner, 2012). La très forte diminution du potassium dans l'échantillon PPT MC (510 → 140) est un résultat frappant.

L'échantillon PPT MC présente une teneur en potassium nettement inférieure (72 % de réduction).

La disponibilité du potassium dans les composts est généralement très élevée (pratiquement tout le K est disponible), contrairement à l'azote et au phosphore (Garcia *et al.*, 1992). Rapportent que la teneur en potassium des composts d'ordures ménagères varie de 0,5 à 1,5 % de matière sèche (Haan., 1981).

3. Sucres totaux

Les résultats des teneurs en sucres totaux sont reportés dans la figure 16. On observe une réduction significative de 22 % de cette fraction dans l'échantillon PPTMC par rapport à l'échantillon PPT. Cette baisse, non négligeable, reflète une activité biologique plus intense dans le mélange contenant du marc de café. Les sucres totaux, composés facilement assimilables par les microorganismes, sont rapidement métabolisés lorsque les conditions du milieu sont optimales (pH proche de la neutralité, disponibilité en azote et en phosphore).

Ainsi, l'ajout de marc de café semble avoir stimulé la dégradation des sucres, accélérant le processus de compostage.

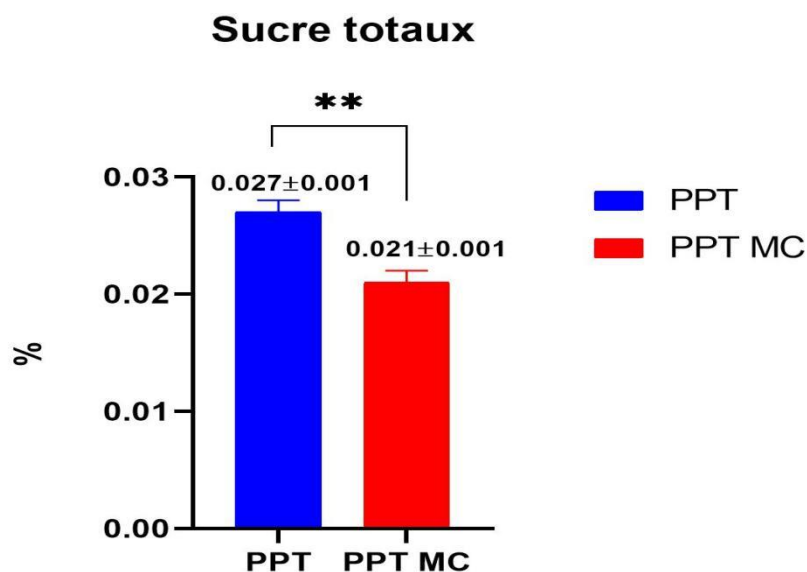


Figure 16 : Teneurs en sucres totaux

Les sucres totaux (monosaccharides et polysaccharides) constituent une source d'énergie privilégiée pour les micro-organismes du compost (Stevenson, 1994).

Cette faiblesse peut s'expliquer par le fait que les échantillons analysés correspondent à des mélanges ayant déjà subi une dégradation, ou que la pulpe de pomme de terre est particulièrement pauvre en sucres après extraction de l'amidon (Chojnacka *et al.*, 2020).

La diminution des sucres dans l'échantillon PPT MC indique une dégradation plus rapide des glucides. Des résultats similaires ont été rapportés par Zhang & Sun (2017), qui ont observé une diminution de 30 à 40 % des sucres totaux lors du compostage de déchets verts avec du marc de café.

4. Protéines totales

Les protéines totales sont estimées par multiplication de l'azote total par le facteur 6,25 (Mariotti *et al.*, 2008). La figure 17 présente une diminution significative de protéine totale dans l'échantillon PPTMC ($2,14 \pm 0,10$) par rapport à l'échantillon PPT ($2,48 \pm 0,10$).

Proteine totaux

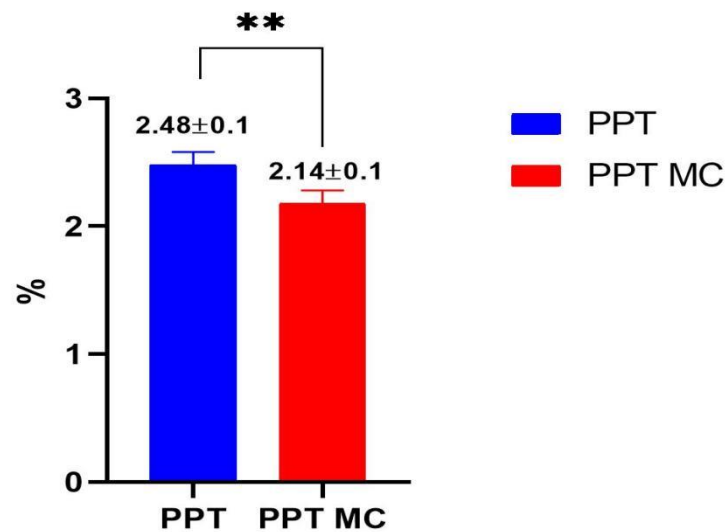


Figure 17 : Teneurs en protéines totales

Des résultats similaires ont été rapportés dans la littérature, où une diminution de la teneur en protéines a été observée lors du compostage de déchets organiques. (Sánchez-Monedero *et al*, 2001)

Le facteur de conversion 6,25 est une approximation standard pour la plupart des matières organiques

Conclusion

Le présent travail s'inscrit dans une démarche de développement durable et d'économie circulaire, visant la valorisation agronomique des co-produits agro-industriels. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la faisabilité et l'efficacité du compostage de la pulpe de pomme de terre, en étudiant spécifiquement l'impact de l'incorporation du marc de café comme co-substrat sur la dynamique de biodégradation et la qualité du produit final.

Bilan physico-chimique et minéralisation de la matière organique L'investigation analytique menée sur nos différentes matrices a permis de mettre en évidence l'effet catalyseur du marc de café sur le processus de compostage. Sur le plan physico-chimique, l'ajout de ce co-substrat a induit une correction significative du pH, permettant de passer d'un milieu initialement acide (caractéristique de la pulpe seule) à un pH proche de la neutralité. Cette alcalinisation du milieu s'est avérée déterminante, car elle instaure des conditions micro-environnementales optimales pour la prolifération et l'activité des micro-organismes aérobies responsables de la dégradation.

La dynamique de minéralisation a également été confirmée par l'évolution des composés organiques. La diminution notable des sucres totaux et des protéines totales dans les échantillons enrichis témoigne d'une biotransformation accélérée de la matière organique labile. De plus, bien que les teneurs absolues en carbone et en azote totaux aient présenté une légère baisse, la stabilisation du rapport C/N atteste du maintien d'un bon équilibre nutritionnel, critère indispensable pour qualifier la maturité d'un futur amendement organique.

Valeur fertilisante et contraintes techniques sur le plan agronomique, l'enrichissement au marc de café a révélé un double dynamique concernant les éléments macro-nutriments. D'une part, une amélioration significative de la teneur en phosphore a été enregistrée, confirmant le potentiel de ce résidu comme source de fertilisation phosphorée. D'autre part, nos analyses ont révélé une diminution drastique des teneurs en potassium. Ce phénomène, singulier au regard des données de la littérature classique, suggère une forte lixiviation des ions K^+ (lessivage) au cours du processus, constituant ainsi l'une des contraintes techniques majeures identifiées dans nos essais.

Liste des références

Références bibliographiques

- AFNOR. (1995).** *Qualité du sol – Dosage du potassium – Méthode par spectrométrie d'absorption atomique* (NF ISO 11460). Association Française de Normalisation.
- AFNOR. (2012).** *Qualité de l'eau – Détermination du pH* (NF ISO 10523). Association Française de Normalisation.
- Amuah, E. E. Y., Fei-Baffoe, B., Sackey, L. N. A., Douth, N. B., & Kazapoe, R. W. (2022).** A review of the principles of composting: understanding the processes, methods, merits, and demerits. *Organic Agriculture*, 12(4), 547-562. <https://doi.org/10.1007/s13165-022-00408-9>
- Arras, W. (2017).** *Étude expérimentale et modélisation de la digestion anaérobie des matières organiques résiduelles dans des conditions hyperthermophiles* [Thèse de doctorat, École de Technologie Supérieure, Université du Québec].
- Asnour, M. (2017).** *Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest algérien* [Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem].
- Benjelloun, Y., & al. (2016).** Etude de la performance catalytique pendant l'oxydation du bleu de méthylène en utilisant un catalyseur MnO-Argile en présence de H_2O_2 . *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(1), 9-17.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009).** Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Cabos Sanchez, J., Bardales Vasquez, C. B., Leon Torres, C. A., & Gil Ramirez, L. A. (2019).** Evaluation of Nitrogen, Phosphorus and Potassium concentrations of biol and biosol obtained from cattle manure in a polyvinyl chloride geomembrane biodigester. *Arnaldo*, 26(3), 1165-1176.
- Cervera-Mata, A., Navarro-Alarcón, M., Rufián-Henares, J. Á., & al. (2020).** Phytotoxicity and chelating capacity of spent coffee grounds: Two contrasting faces in its use as soil organic amendment. *Science of the Total Environment*, 717, 137247.
- Chennaoui, M., Salama, Y., Makan, A., & Mountadar, M. (2016).** Valorisation agricole d'un compost produit à partir de la codigestion anaérobie des déchets verts et des boues d'épuration. *European Scientific Journal*, 12(35), 247.

Liste des références

- Chojnacka, K., Skrzypczak, D., Szopa, D., & al. (2020).** Management of biological sewage sludge: Fertilizer nitrogen recovery as the solution to fertilizer crisis. *Journal of Environmental Management*, 269, 110764.
- Cruz, R., Baptista, P., Cunha, S., Pereira, J. A., & Casal, S. (2012).** Carotenoids of lettuce grown on soil enriched with spent coffee grounds. *Molecules*, 17(2), 1535-1547.
- Decruyenaere, V., Froidmont, E., Saive, P., Rondia, P., Bartiaux-Thill, N., & Stilmant, D. (2005).** *Valorisation des co-produits de la pomme de terre en production animale* [Communication]. Journée d'étude Pomme de terre, CRA-W Gembloux, Belgique.
- Derla, N. B. (2003).** *L'utilisation du compost est-elle une solution pour une production agricole durable des savanes africaines ?* [Rapport de recherche]. HAL SHS. <hal-00142215>
- Díaz, L. F., de Bertoldi, M., & Biddlingmaier, W. (2007).** *Compost science and technology*. Elsevier.
- Feller, C. (1994).** La matière organique du sol, un indicateur potentiel de la durabilité des systèmes de culture dans les zones tropicales arides et subarides de l'Afrique de l'Ouest. *Réseau Erosion Bulletin*, 14, 82-97. ORSTOM.
- Franco, M., Stefaniski, T., Jalava, T., Lehto, M., Kahala, M., Jarvenpaa, E., Mäntysaari, P., & Rinne, M. (2021).** Effect of Potato By-Product on Production Responses of Dairy Cows and Total Mixed Ration Stability. *Dairy*, 2(2), 218–230.
- Francou, C. (2003).** *Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : influence de la nature des déchets et du procédé de compostage - recherche d'indicateurs pertinents* [Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon]. Pastel HAL. <https://pastel.hal.science/pastel-00000788>
- Gharfalkar M, Court R, Campbell C, Ali Z, Hillier G.** Analysis of waste hierarchy in the European waste directive 2008/98/EC. *Waste Management*. 2015;39:305-313. doi:10.1016/j.wasman.2015.02.007.
- Johansson O. The End-of-Waste for the Transition to Circular Economy: A Legal Review of the European Union Waste Framework Directive. *Environmental Policy and Law*. 2023;53(2-3):1-13. doi:10.3233/EPL-220064.
- Haan, S. (1981).** Results of municipal waste compost research over more than fifty years. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 29, 49-61.
- Hachicha, R., Rekik, O., Hachicha, S., Ferchichi, M., Woodward, S., Moncef, N., Cegarra, J., & Mechichi, T. (2012).** Co-composting of spent coffee ground with olive mill

Liste des références

wastewater sludge and poultry manure and effect of *Trametes versicolor* inoculation on the compost maturity. *Chemosphere*, 88(6), 677-682.

Hatik, C. (2015). *Proposition des scénarios de gestion raisonnée des déchets en vue de leur valorisation énergétique* [Thèse de doctorat, Université de la Réunion].

Holman, B. W. B., Bailes, K. L., Meyer, R. G., & Hopkins, D. L. (2019). Effect of modified Soxhlet (Soxtec) and Folch extraction method selection on the total lipid determination of aged beef. *Journal of Food Science and Technology*, 56(8), 3957-3961.
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03878-4>

Hyseni, V. (2026). *La gestion des déchets dans l'industrie alimentaire*. Professional Evaluation and Certification Board (PECB).

Izmirlioglu, G., & Demirci, A. (2012). Ethanol production from waste potato mash by using *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Sciences*, 2, 738–753.
<https://doi.org/10.3390/app2040738>

Izmirlioglu, G., & Demirci, A. (2016). Improved simultaneous saccharification and fermentation of bioethanol from industrial potato waste with co-cultures of *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* by medium optimization. *Fuel*, 185, 684–691.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.08.035>

Kirat, A. (2015). *La prolifération des déchets solides municipaux et leurs impacts sur le paysage (Cas de Batna)* [Mémoire de magister, Université El Hadj Lakhdar de Batna].

Kitamura, Y., Iida, D., & Nakamura, N. (2005). Characteristics of Hydrogen and Methane Fermentation of Potato Processing Waste by Two-Phase Circulating Process without Dilution Water. *Journal of Japan Society on Water Environment*, 28(10), 629-636.

Khiari, Z., Kalia, S., Hammami, M., & al. (2019). Potato peel as feedstock for bioethanol production: A review. *Waste and Biomass Valorization*, 10(10), 2815-2832.

Kot, A. M., Pobiega, K., Piwowarek, K., Kieliszek, M., Błażej, S., Gniewosz, M., & Lipińska, E. (2020). Biotechnological methods of management and utilization of potato industry waste—a review. *Potato Research*, 63(3), 431-447.

Lourenço, S. O., Barbarino, E., Lavín, P. L., Lanfer Marquez, U. M., Aidar, E., & Vale, L. A. (2004). Biomass composition of several marine phytoplankton species: carbon, nitrogen, and chlorophyll a. *FEMS Microbiology Ecology*, 49(3), 525–535.
<https://doi.org/10.1016/j.femsec.2004.04.007>

Mariotti, F., Tomé, D., & Mirand, P. P. (2008). Converting nitrogen into protein – beyond 6.25 and Jones' factors. *British Journal of Nutrition*, 99(3), 495-500.

Liste des références

- Mayer, F. (1998).** Potato pulp: properties, physical modification and applications. *Polymer Degradation and Stability*, 59(1–3), 231–235. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(97\)00187-0](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(97)00187-0)
- Mayer, F., & Hillebrandt, J. O. (1997).** Potato pulp: microbiological characterization, physical modification, and application of this agricultural waste product. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 48(4), 435–440. <https://doi.org/10.1007/s002530051076>
- Moletta, R. (2006).** *Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires*. TEC & DOC.
- Morel d'Arleux, F. (2001).** *Les co-produits de l'industrie de la pomme de terre : une solution intéressante pour l'alimentation des ruminants* [Document de synthèse]. Arvalis-Institut du végétal – GIPT.
- Murphy, J., & Riley, J. P. (1962).** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.
- Narcisse, L., Toutpuissant, E., Kennedy, N., Pierre, F., Bush, M., Hobgood, N., & Godfrey, M. (2009).** *Results of promising technologies and methods survey – First farmer field school*. USAID-DAI.
- Obeng, E., Ofori, H., Sarpong, F., & al. (2020).** Composting of potato peel waste for soil amendment. *Journal of Agricultural Science*, 12(5), 45-56.
- Onwosi, C. O., Igbokwe, V. C., Odimba, J. N., Eke, I. E., Nwankwoala, M. O., Iroh, I. N., & Ezeogu, L. I. (2017).** Composting technology in waste stabilization: A review. *Waste Management*, 66, 87-99.
- Paredes, C., Roig, A., Bernal, M. P., & al. (2000).** Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biology and Fertility of Soils*, 32(3), 222-227.
- Phuong, H. (2017).** *Prise en compte économique du long terme dans les choix énergétiques relatifs à la gestion des déchets radioactifs* [Thèse de doctorat, PSL Research University].
- Pongrácz E, Pohjola VJ.** Re-defining waste, the concept of ownership and the role of waste management. *Resources, Conservation and Recycling*. 2004;40(2):141-153. doi:10.1016/S0921-3449(03)00057-0.
- Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & Silva, T. (2002).** Moisture relationships in composting processes. *Compost Science & Utilization*, 10(4), 286-300.

Liste des références

- Rodríguez-Martínez, B., Gullón, B., & Yáñez, R. (2021).** Identification and recovery of valuable bioactive compounds from potato peels: A comprehensive review. *Antioxidants*, 10(10), 1630. <https://doi.org/10.3390/antiox10101630>
- Sadaka, F. (2010).** *Etude de la dégradation contrôlée de polydiènes : Application au recyclage des déchets pneumatiques* [Thèse de doctorat, Université du Maine].
- Sampaio, S.L., Petropoulos, S., Alexopoulos, A., Heleno, S.A., Santos-Buelga, C., Barros, L. and Ferreira, I.C.F.R. (2020)** 'Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review', *Trends in Food Science & Technology*, 103, pp. 118–129. doi:10.1016/j.tifs.2020.07.015.
- Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A., Paredes, C., & Bernal, M. P. (2001).** Nitrogen transformation during organic waste composting. *Bioresource Technology*, 78(3), 301-308.
- Scharf, R., Wang, R., Maycock, J., et al. (2020).** Valorisation of Potato Peel Waste: Extraction of Fibre, Monosaccharides and Uronic Acids. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 2123–2128. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0532-2>
- Stevenson, F. J. (1994).** *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Teglia, C. (2011).** *Valorisation par compostage de résidus solides de digestion anaérobie des déchets organiques* [Thèse de doctorat, Université de Toulouse].
- Vescovo D, Manetti C, Ruggieri R, Spizzirri UG, Aiello F, Martuscelli M, Restuccia D. (2025).** The valorization of potato peels as a functional ingredient in the food industry: A comprehensive review. *Foods*. 14(8):1333. doi:10.3390/foods14081333.
- Zhang, L., & Sun, X. (2017).** Using cow dung and spent coffee grounds to enhance the two-stage co-composting of green waste. *Bioresource Technology*, 245, 152-161.

Résumé

La gestion durable des déchets agroalimentaires représente un enjeu environnemental majeur. Dans ce contexte, la présente étude vise à valoriser la pelure de pomme de terre, un résidu organique abondamment généré par les activités de restauration, par sa transformation en amendement organique. L'objectif principal est d'évaluer l'influence de l'ajout de marc de café sur le processus de compostage et sur la qualité du produit obtenu.

Deux mélanges ont été préparés : un échantillon témoin constitué uniquement de pelure de pomme de terre (PPT) et un échantillon expérimental composé de pelures de pomme de terre additionnée de marc de café (PPTMC). Les substrats ont été soumis à une fermentation contrôlée pendant 15 jours en présence de levure (*Saccharomyces cerevisiae*) et d'une source de sucre. À l'issue du processus, plusieurs paramètres physico-chimiques ont été déterminés, notamment le pH, la conductivité électrique, le carbone total, l'azote total, le rapport C/N, ainsi que les teneurs en phosphore, potassium, sucres totaux et protéines.

Les résultats montrent que l'ajout de marc de café améliore significativement certaines caractéristiques du compost. Le pH passe de 5,05 à 6,89, créant des conditions plus favorables à l'activité microbienne. La conductivité électrique diminue de 9,1 à 5,3 mS/cm, traduisant une réduction de la salinité. Une diminution du carbone total, des sucres totaux et des protéines est également observée dans l'échantillon PPTMC, indiquant une dégradation plus avancée de la matière organique. Le rapport C/N reste stable à 13,3, valeur caractéristique d'un compost relativement mature. Par ailleurs, l'incorporation du marc de café entraîne une augmentation notable de la teneur en phosphore, tandis qu'une diminution importante du potassium est enregistrée.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus suggèrent que le marc de café favorise l'activité biologique et accélère la décomposition de la matière organique, améliorant ainsi la qualité agronomique du compost issu de la pelure de pomme de terre. Cette approche constitue une alternative écologique et économique pour la valorisation des déchets agroalimentaires et la production d'amendements organiques destinés à l'amélioration de la fertilité des sols.

Mots-clés : pelures de pomme de terre, marc de café, compostage, amendement organique.

Abstract

The valorization of agri-food waste represents a promising approach to reducing environmental impacts while producing organic amendments beneficial for agriculture. In this context, the present study focused on the valorization of potato pulp, an organic residue generated by restaurant activities, through composting. The main objective was to evaluate the effect of coffee grounds incorporation on the physicochemical characteristics and agronomic quality of the resulting compost.

Two mixtures were prepared: a control sample consisting solely of potato pulp (PPT) and an experimental sample composed of potato pulp supplemented with coffee grounds (PPTMC). The substrates were subjected to a controlled fermentation process for 15 days in the presence of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and a sugar source. At the end of the process, several parameters were evaluated, including pH, electrical conductivity, total carbon, total nitrogen, C/N ratio, as well as phosphorus, potassium, total sugars, and protein contents.

The results showed that the addition of coffee grounds improved several parameters related to compost maturity. The pH increased from 5.05 to 6.89, reaching a near-neutral value favorable to microbial activity. Electrical conductivity decreased from 9.1 to 5.3 mS/cm, indicating a reduction in salinity. A decrease in total carbon, total sugars, and proteins was also observed in the PPTMC sample, suggesting a more advanced degradation of organic matter. The C/N ratio remained stable at 13.3, a value characteristic of relatively mature compost. Furthermore, the incorporation of coffee grounds significantly increased phosphorus content, while a notable decrease in potassium content was recorded.

Overall, these findings suggest that coffee grounds act as a beneficial co-substrate for potato pulp composting by stimulating biological activity and accelerating organic matter decomposition. This approach offers an environmentally friendly and cost-effective solution for agri-food waste valorization and the production of organic amendments that can contribute to improving soil fertility.

Keywords: potato pulp, coffee grounds, composting, agri-food waste valorization, organic amendment, agronomic quality.

المخلص

تُعدّ عملية تثمين النفايات الزراعية والغذائية من المقاربات الواعدة للحد من أثارها البيئية وتحويلها إلى منتجات ذات قيمة مضافة يمكن استخدامها في المجال الزراعي. هدفت هذه الدراسة إلى تثمين لبّ البطاطا، وهو أحد المخلفات العضوية الناتجة عن أنشطة المطاعم، من خلال عملية التسميد العضوي (الكمبوست). وتمثل الهدف الرئيسي للدراسة في تقييم تأثير إضافة تفل القهوة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والجودة الزراعية للكمبوست الناتج.

تم تحضير خليطين: عينة شاهدة مكوّنة من لبّ البطاطا فقط (PPT)، وعينة تجريبية مكوّنة من لبّ البطاطا مضافاً إليه تفل القهوة (PPTMC). خضعت العينات لعملية تخمير مضبوطة لمدة 15 يوماً بوجود الخميرة (*Saccharomyces cerevisiae*) ومصدر للسكريات. وبعد انتهاء فترة التخمير، تم تقييم عدة مؤشرات شملت الرقم الهيدروجيني (pH)، والتوصيلية الكهربائية، والكربون الكلي، والنيتروجين الكلي، ونسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N)، إضافة إلى محتوى الفوسفور والبوتاسيوم والسكريات الكلية والبروتينات.

أظهرت النتائج أن إضافة تفل القهوة ساهمت في تحسين عدد من المؤشرات المرتبطة بنضج الكمبوست. فقد ارتفعت قيمة الرقم الهيدروجيني من 5.05 إلى 6.89، مقتربةً من التعادل، وهو ما يوفر ظروفاً ملائمة للنشاط الميكروبي. كما انخفضت التوصيلية الكهربائية من 9.1 إلى 5.3 ملي سيمنز/سم، مما يدل على انخفاض ملوحة الوسط. ولوحظ كذلك انخفاض في محتوى الكربون الكلي والسكريات الكلية والبروتينات في العينة المحتوية على تفل القهوة، وهو ما يعكس تقدّم عملية تحلل المادة العضوية. وظلت نسبة الكربون إلى النيتروجين ثابتة عند 13.3، وهي قيمة تدل على درجة جيدة من نضج الكمبوست. بالإضافة إلى ذلك، أدت إضافة تفل القهوة إلى زيادة ملحوظة في محتوى الفوسفور، في حين سُجل انخفاض واضح في محتوى البوتاسيوم.

بصفة عامة، تشير هذه النتائج إلى أن تفل القهوة يُعدّ مادة مرافقة فعّالة في تسميد لبّ البطاطا، حيث يساهم في تنشيط النشاط البيولوجي وتسريع تحلل المادة العضوية، مما يحسن من جودة الكمبوست الناتج. وتمثل هذه المقاربة حلاً بيئياً واقتصادياً لتثمين النفايات الزراعية والغذائية وإنتاج مخصب عضوي يمكن أن يساهم في تحسين خصوبة التربة.

الكلمات المفتاحية: لبّ البطاطا، تفل القهوة، التسميد العضوي، تثمين النفايات الزراعية والغذائية، المخصب العضوي، الجودة الزراعية