

IMT Atlantique

Projet Commande Entreprise

Campus de Nantes — IMT Atlantique
4, rue Alfred Kastler — La Chantrerie
CS 20722

44307 Nantes Cedex 3

Téléphone : +33 (0)2 51 85 81 00

URL : www.imt-atlantique.fr



Benchmark - GROUPE 60

Projet Commande Entreprise - parcours ingénieur A2 FISE

PROJET COMMANDÉ ENTREPRISE :

SYSTÈME D'AÉRATION D'UN MILIEU FERMÉ EN LOMBRICOMPOSTAGE AUTONOME

Destinataires : FRISCOURT François, D'HERBEMONT Arthur

Relecteurs : RABIER Valentin

Date d'édition : 23 octobre 2025

Version : V2



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

X



WOLFF Emilien
GERBAUD Paul
ALBERT Louis
KAYSER Valentin
RABIER Valentin
ROUYRE Sarah
ADAM Raphaël
RIBEIRO DE ASSIS Nathalia

Tuteur école : D'HERBEMONT Arthur

Tuteur entreprise : FRISCOURS François

Sommaire

1. Introduction et cahier des charges du projet	2
2. Benchmark et Etat de l'Art	4
2.1. Solutions possibles et coût prévisionnel de chacune d'entres elles	4
2.1.1. Solution A – Evacuation d'air dans les coins	4
2.1.2. Solution B – Tube d'aération unique placé au centre du compost.	6
2.1.3. Solution C – Ventilation Forcée.	9
2.1.4. Solution D – Agitation Mécanique	12
3. Conclusion	14
3.1. Comparaison des solutions entre elles et adéquation avec le cahier des charges.	14
Annexes	15
Références	16

Liste des figures

2.1. Schéma de la solution A	4
2.2. Schéma de la solution B	6
2.3. Schéma de la solution B	9
2.4. Schéma de la solution D	12

Liste des tableaux

1.1. Tableau des fonctionnalités, critères, niveaux, flexibilité et priorité pour le projet Terre Vorace. FP : fonction principale, FS : fonction secondaire, FC : fonction de contrainte.	3
2.1. Estimation des coûts matière, usinage et membrane pour le tube d'aération latéral, en euros .	5
2.2. Estimation des coûts matière, usinage et membrane pour le tube d'aération central.	7
2.3. Estimation des coûts matière, usinage et ventilateur pour la solution C : ventilation forcée. .	10
2.4. Estimation des coûts matière, usinage (solution D)	13
3.1. Comparaison des solutions A–D selon les critères du cahier des charges.	14

Chapitre 1

Introduction et cahier des charges du projet

Ce document a pour but de citer les différentes solutions possibles pour aérer efficacement un lombricomposteur. Ces solutions ont été trouvées et établies grâce à des recherches documentaires, et adaptées afin de remplir les exigences établies dans le précédent document. On rappelle ci-après le cahier des charges du projet, ainsi que les objectifs du projet.

En parallèle, une première modélisation physique du système a été effectuée. Le document complet est disponible ci-dessous :

→ **Consulter le rapport de modélisation physique du système (PDF)**

OBJECTIF

1. Améliorer le composteur en le dotant d'un système d'aération efficace permettant la survie des lombrics.
2. Permettre une régulation de l'humidité dans l'enceinte du lombricomposteur, sans dépasser un certain seuil.

Fonction	Critère(s)	Niveau(x)	Flexibilité	Priorité
FP1 – Maintenir un environnement favorable aux lombrics	Température interne	$\leq 30^{\circ}\text{C}$ (idéal 25°C)	Faible	1
	Humidité de l'air de la boite	60–80%	Faible	
	Protection contre gel et chaleur extrême	Tolérance au froid, max 35°C ambiant	Nulle	
FP2 – Assurer une ventilation et évacuation d'humidité	Débit d'air suffisant	Limiter condensation	Moyenne	1
	Filtration des odeurs	Aucune odeur à proximité du lombricomposteur (détectable par un nez humain)	Faible	
	Étanchéité aux nuisibles	Aucun insecte ni lombric ne passe	Nulle	
FS1 – Assurer une autonomie énergétique low-tech	Source d'énergie	Piles privilégiées (pas solaire/piezoe)	Moyenne	2
	Consommation énergétique	Très faible, système passif favorisé	Forte	
FS2 – Assurer un retrofit sur des lombricomposteurs existants	Simplicité d'installation	Adaptation simple sur lombricomposteur existant (-d'1 h)	Moyenne	1
FC1 – Respecter les contraintes matériau et production	Matériaux	Prototype en bois/imprimé en 3D; Solution finale en matière recyclé et/ou (métal possible) et/ou bois	Moyenne	1
	Budget prototypage	$\leq 1000\text{€}$	Nulle	
FC2 – Assurer une évacuation simple du compost par le technicien	Espace disponible	Aisance d'utilisation d'une pelle au sein du lombricomposteur	Faible	1
FC3 – Transportabilité	Masse totale vide	$\approx 60 \text{ kg max}$	Moyenne	3

TABLE 1.1 – Tableau des fonctionnalités, critères, niveaux, flexibilité et priorité pour le projet Terre Vorace.
FP : fonction principale, FS : fonction secondaire, FC : fonction de contrainte.

Chapitre 2

Benchmark et Etat de l'Art

Cette section présente les différentes solutions analysées dans le cadre du benchmark. Chaque solution est décrite selon des critères afin de permettre une comparaison objective.

2.1. Solutions possibles et coût prévisionnel de chacune d'entre elles

2.1.1. Solution A – Evacuation d'air dans les coins

- **Nom de la solution :** Evacuation dans les coins
- **Exigences du CDCF :** Toutes
- **Matériaux envisagés :** PVC, Métal (aluminium), Impression 3D

Schéma de la solution :

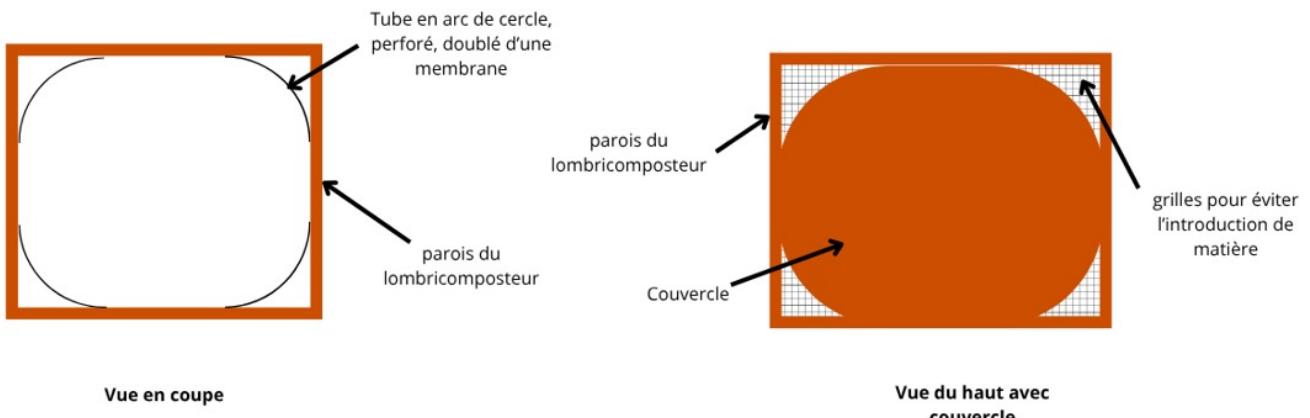


FIGURE 2.1 – Schéma de la solution A

Description générale :

Implémentation de tubes en arc de cercle perforés dans les coins du lombricomposteur. Les tubes seront doublés avec une membrane pour éviter le passage des vers ou d'acariens. Le flux d'air principal passera donc dans le coin, entre la paroi du lombricomposteur et le tube. Pour faciliter son passage, le couvercle et le bas du lombricomposteur recouvriront seulement la partie où il y a la matière compostable. Les trous laissés seront recouverts de grillage ou d'une membrane protectrice pour éviter l'introduction de matière à cet endroit.

Fonctionnalités principales :

- Gestion du taux d'humidité et de la température dans le composteur
- Intégration simple aux composteurs déjà existants

Tarification :

On suppose que l'on achètera un tube de 70 cm de long, et de 300 mm de diamètre, que l'on coupe en 4. Chacune des pièces obtenues sera alors insérée dans un coin du lombricomposteur

Dans le cas du PVC :

- Achat du PVC en magasin de bricolage
- Usinage par un opérateur (cout de la machine de découpage non inclu)

Dans le cas de l'aluminium recyclé :

Volume de matière nécessaire = Aire de la section de paroi × longueur = $\pi \cdot (150^2 - 145^2) \cdot 0.70 \approx 0.003245m^3$
Or la densité de l'aluminium est environ de 2700 kg/m^3

Donc la masse d'aluminium nécessaire par tube est de 8.76 kg.

On prend un prix d'aluminium recyclé autour de 1.8 euros par kg (si fabrication d'une cinquantaine de tubes)
On ajoute ensuite le coût d'usinage entre 25 à 30 euros par tube.

Dans le cas de l'impression 3D :

Le même volume de matière est nécessaire que dans le cas de l'aluminium. Le prix de la matière est de 25 euros au kilo.

Le cout d'usinage est moindre car on considère la machine déjà amortie, et on usine par quart de tube, donc pas de découpe nécessaire. Les seuls frais associés est celui des employés devant lancés l'imprimante à intervalles réguliers.

Membrane ventilante à coller à l'intérieur du tube

Il faut une membrane microporeuse / perméable à l'air (par exemple membrane PTFE, membrane respirante...) collée ou fixée à l'intérieur du tube pour laisser passer l'air mais limiter le passage de matières solides ou vers. On prend une estimation de coût de membrane à $\sim 0.25 \text{ euros/m}^2$

La surface de membrane nécessaire serait l'aire latérale intérieure du tube :

$$A_{\text{membrane}} = \pi d L \approx \pi \times 0,096 \times 0,700 \approx 0,211 \text{ m}^2.$$

Donc coût membrane :

$$C_{\text{membrane}} \approx 0,211 \times 0,25 = 0,053\text{€}$$

On peut arrondir selon condition de commande, adhésif, découpe, etc. Disons 0,10 € à 0,20 €.

Coût des matériaux :

Matériau	Coût matière	Usinage estimé	Membrane	Total estimé
PVC	25€	8€	0,10€	34€
Aluminium	13€	25€ à 30€	0,10€	40€ à 45€
Impression 3D	8€	5€ à 10€	0,10€	20€ à 25€

TABLE 2.1 – Estimation des coûts matière, usinage et membrane pour le tube d'aération latéral, en euros

Avantages :

- Facile à mettre en place
- Entretien facilité par les angles

Limites :

- Etanchéité aux extrémités des tubes à vérifier
- Efficacité faible au centre de compost (voir si cette solution s'avère efficace ou non)

2.1.2. Solution B – Tube d'aération unique placé au centre du compost

- **Nom de la Solution** [Tube d'aération placé au centre du compost]
- **Exigences du CDCF :** [Toutes]
- **Matériaux envisagés** : PVC, Métal (aluminium, acier), Impression 3D

Schéma de la solution :

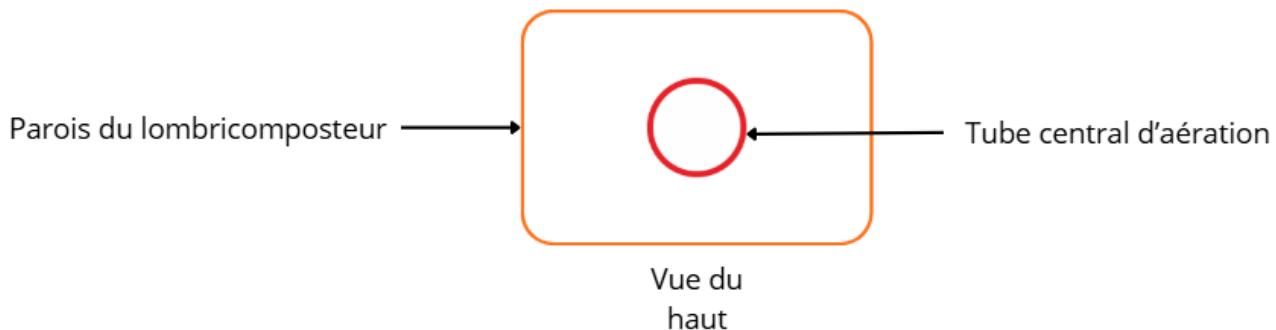


FIGURE 2.2 – Schéma de la solution B

Description générale :

Implémentation d'un tube d'aération unique en plein centre du lombricomposteur, muni d'une aération latérale à l'aide de trous percés, ainsi que d'une couche membranique afin d'éviter que les vers ne tombent dans le tuyau ou l'introduction d'acariens. Le tube sera démontable afin de faciliter l'entretien du lombricomposteur, la base restera au fond du composteur et fera la hauteur de la litière des vers. Il sera **facilement replaçable** (grâce à un système de clip ou de vissage avec la base).

Fonctionnalités principales :

- Gestion du taux d'humidité et de la température dans le composteur
- Intégration simple aux composteurs déjà existants

Estimation de coût d'un tube d'aération central avec membrane

Hypothèses géométriques

On prend les hypothèses suivantes :

- Le tube est de longueur $L = 700 \text{ mm} = 0,700 \text{ m}$.
- Diamètre extérieur $D = 100 \text{ mm} = 0,100 \text{ m}$.
- Épaisseur de paroi $t = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$.
- Diamètre intérieur $d = D - 2t = 0,100 - 2 \times 0,002 = 0,096 \text{ m}$.

Le volume de matériau est donc :

$$V = \pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot L = \pi \cdot \frac{(0,100)^2 - (0,096)^2}{4} \cdot 0,700 \approx 0,0004305 \text{ m}^3.$$

On note les densités approximatives :

- Acier (acier simple) : $\rho_{\text{acier}} = 7800 \text{ kg/m}^3$.
- Aluminium : $\rho_{\text{alu}} = 2700 \text{ kg/m}^3$.
- PVC rigide : $\rho_{\text{PVC}} = 1400 \text{ kg/m}^3$ (valeur indicative).

Les masses estimées :

$$m_{\text{acier}} = \rho_{\text{acier}} \cdot V \approx 7800 \times 0,0004305 \approx 3,36 \text{ kg},$$

$$m_{\text{alu}} = 2700 \times 0,0004305 \approx 1,16 \text{ kg},$$

$$m_{\text{PVC}} = 1400 \times 0,0004305 \approx 0,60 \text{ kg}.$$

Coût matière estimé

Pour le prix unitaire des matières, on prend des estimations raisonnables (à ajuster selon les fournisseurs) :

- Acier : 1,0 €/kg
- Aluminium : 2,6 €/kg (valeur souvent citée pour l'aluminium neuf)
- PVC rigide : 1,5 €/kg

Donc les coûts matière :

$$C_{\text{matière, acier}} \approx 3,36 \times 1,0 = 3,36 \text{ €}$$

$$C_{\text{matière, alu}} \approx 1,16 \times 2,6 = 3,02 \text{ €}$$

$$C_{\text{matière, PVC}} \approx 0,60 \times 1,5 = 0,90 \text{ €}$$

Coût d'usinage / fabrication

On ajoute une estimation pour l'usinage, la découpe, l'assemblage, la finition, selon matériau :

- Acier : 15 € à 25 €
- Aluminium : 25 € à 30 €
- PVC : 4 € à 8 €

Membrane ventilante à coller à l'intérieur du tube

Même calcul que dans la solution A.

Coût total estimé

On met tout ensemble :

$$C_{\text{total}} = C_{\text{matière}} + C_{\text{usinage}} + C_{\text{membrane}}.$$

Matériau	Coût matière	Usinage estimé	Membrane	Total estimé
Acier	≈ 3,36 €	15 à 25 €	~ 0,10 €	~ 18,5 à 28,5 €
Aluminium	≈ 3,02 €	25 à 30 €	~ 0,10 €	~ 28,1 à 33,1 €
PVC	≈ 0,90 €	4 à 8 €	~ 0,10 €	~ 5,0 à 9,0 €

TABLE 2.2 – Estimation des coûts matière, usinage et membrane pour le tube d'aération central.

Discussion et remarques

- Ces estimations dépendent fortement des coûts locaux d'atelier, des quantités, frais de transport, de l'adhésif de membrane, etc.
- L'usinage de l'aluminium (soudure ou assemblage) peut être plus coûteux que pour l'acier selon les compétences de l'atelier.
- Le PVC est le moins cher mais est moins résistant mécaniquement, et la membrane devra bien adhérer (étanchéité, collage) pour durer dans le temps.
- On pourrait envisager une version avec tube plus gros (diamètre extérieur de 120 mm, épaisseur 3 mm), cela augmenterait les coûts proportionnellement au volume.
- Si on utilise de l'acier inoxydable, le coût matière pourrait être bien plus élevé.
- Le coût de membrane est négligeable comparé au coût matière + usinage dans ces dimensions, mais il faut prévoir adhésifs, découpe, manutention.

Avantages :

- Aération efficace au centre du compost
- Entretien facile car le tube est démontable

Limites :

- Etanchéité aux extrémités des tubes à vérifier
- Etanchéité aux niveau des attaches du tube à vérifier
- Perte de volume utile important en fonction de la taille du tube

2.1.3. Solution C – Ventilation Forcée

- **Nom de la Solution** [Tube d'aération placé au centre du compost avec aération forcée]
- **Exigences du CDCF :** [Toutes]
- **Matériaux envisagés : PVC, Métal (aluminium, acier), Impression 3D, ventillateur acheté complet**

SCHÉMA DE LA SOLUTION :

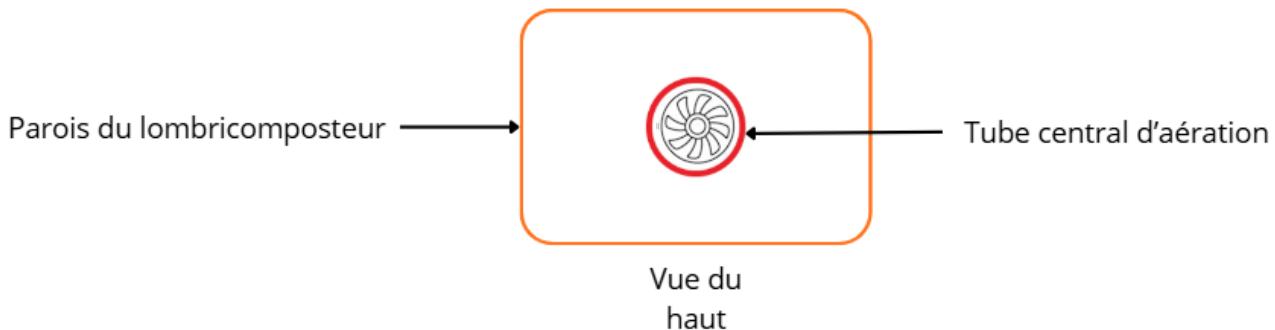


FIGURE 2.3 – Schéma de la solution B

Description générale :

La solution consiste à intégrer à nouveau un tube d'aération unique en plein centre du lombricomposteur, muni d'une aération latérale à l'aide de trous percés, ainsi que d'une couche membranique afin d'éviter que les vers ne tombent dans ce même trou. On ajoute un système de ventilation forcée à faible consommation. Ce petit ventilateur, placé sur la partie supérieure ou inférieure du lombricomposteur crée un flux d'air forcé qui augmente l'efficacité du tube seul.

Fonctionnalités principales :

- Gestion du taux d'humidité et de la température dans le composteur
- Intégration simple aux composteurs déjà existants

Estimation de coût de la Solution C – Ventilation forcée

Hypothèses géométriques

On prend les mêmes hypothèses géométriques que pour la Solution B afin de garder une cohérence de comparaison :

- Longueur du tube $L = 700 \text{ mm} = 0,700 \text{ m}$
- Diamètre extérieur $D = 100 \text{ mm} = 0,100 \text{ m}$
- Épaisseur de paroi $t = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$
- Diamètre intérieur $d = D - 2t = 0,100 - 2 \times 0,002 = 0,096 \text{ m}$

Le volume du matériau est donc :

$$V = \pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot L = \pi \cdot \frac{(0,100)^2 - (0,096)^2}{4} \cdot 0,700 \approx 0,0004305 \text{ m}^3.$$

Densités approximatives :

- Acier (acier simple) : $\rho_{\text{acier}} = 7800 \text{ kg/m}^3$
- Aluminium : $\rho_{\text{alu}} = 2700 \text{ kg/m}^3$
- PVC rigide : $\rho_{\text{PVC}} = 1400 \text{ kg/m}^3$

Masses estimées :

$$m_{\text{acier}} = 7800 \times 0,0004305 \approx 3,36 \text{ kg}, \quad m_{\text{alu}} = 2700 \times 0,0004305 \approx 1,16 \text{ kg}, \quad m_{\text{PVC}} = 1400 \times 0,0004305 \approx 0,60 \text{ kg}.$$

Coût matière estimé

Prix unitaires estimés (à affiner selon fournisseurs) :

- Acier : 1,0 €/kg
- Aluminium : 2,6 €/kg (valeur moyenne de l'aluminium neuf)
- PVC rigide : 1,5 €/kg

Donc les coûts matière :

$$C_{\text{matière, acier}} \approx 3,36 \times 1,0 = 3,36 \text{ €}$$

$$C_{\text{matière, alu}} \approx 1,16 \times 2,6 = 3,02 \text{ €}$$

$$C_{\text{matière, PVC}} \approx 0,60 \times 1,5 = 0,90 \text{ €}$$

Coût d'usinage / fabrication

On ajoute une estimation pour la découpe, le perçage, l'assemblage et la fixation du ventilateur selon le matériau :

- Acier : 8 € à 12 €
- Aluminium : 10 € à 15 €
- PVC : 4 € à 8 €

Coût du ventilateur acheté complet

Le ventilateur basse consommation (80–92 mm, 5–12 V, 0,6–1,5 W) constitue l'élément actif principal du système. Prix indicatif selon modèle : 8 € à 15 €.

Coût total estimé

Le coût total correspond à la somme du matériau, de l'usinage et du ventilateur :

$$C_{\text{total}} = C_{\text{matière}} + C_{\text{usinage}} + C_{\text{ventilateur}}$$

Matériau	Coût matière	Usinage estimé	Ventilateur	Total estimé
Acier	≈ 3,36 €	8 à 12 €	8 à 15 €	~ 19,4 à 30,4 €
Aluminium	≈ 3,02 €	10 à 15 €	8 à 15 €	~ 21,0 à 33,0 €
PVC	≈ 0,90 €	4 à 8 €	8 à 15 €	~ 12,9 à 23,9 €

TABLE 2.3 – Estimation des coûts matière, usinage et ventilateur pour la solution C : ventilation forcée.

Discussion et remarques

- Le coût du ventilateur domine légèrement le total (30%–40%), mais reste raisonnable pour un dispositif low-tech (un ventilateur de PC réutilisé pourra faire l'affaire).
- L'aluminium offre une bonne durabilité et légèreté, mais un coût d'usinage plus élevé que le PVC.
- L'acier est plus robuste mais sensible à la corrosion ; un traitement de surface ou acier inox pourrait être envisagé (hausse de coût).
- Le PVC demeure la solution la plus économique, facile à usiner, mais moins résistante mécaniquement à long terme.
- Le choix final dépendra de l'équilibre entre coût, robustesse et efficacité thermique/ventilatoire du système.

2.1. Solutions possibles et coût prévisionnel de chacune d'entre elles

- Le coût global reste modéré : environ 15 € – 35 €, ce qui reste compatible avec une production artisanale ou en petite série.
- La conception de cette solution n'est pas encore aboutie, en effet, nous ne savons pas si le tube doit réellement traverser tout le composteur et être ouvert en bas, ce qui mettrait simplement un flux d'air au niveau de l'interface entre le centre du compost et l'extérieur. Nous pourrions également boucher le tube d'un côté et diriger la ventilation de ce côté afin que l'air soit forcé de passer au travers le compost.

Tarification :

Le coût de cette solution dépendra du choix des matériaux et du ventilateur. Il sera forcément plus élevé que les autres solutions.

Avantages :

- Flux d'air bien plus conséquent grâce à la ventilation active
- Efficacité de ventilation forcément supérieur aux autres solutions

Limites :

- Dépendance à une source d'énergie
- Entretien régulier du système
- Coût élevé
- Plus difficile à mettre en place

2.1.4. Solution D – Agitation Mécanique

- Nom de la Solution [Aérateur de compost manuel]
- Exigences du CDCF : [Toutes]
- Matériaux envisagés : manivelle ou guidon et tige avec pics (métal et plastique)

SCHEMA DE LA SOLUTION :



FIGURE 2.4 – Schéma de la solution D

Description générale :

La solution consiste à mettre à la disposition de l'utilisateur un aérateur de compost plus ou moins sophistiqué comme ci-dessus. Celui-ci peut alors insérer la fourche dans le compost et le brasser. Ce dispositif, favorise la circulation de l'air dans le compost et l'homogénéise. En répartissant plus uniformément la chaleur et l'humidité, cette solution contribue à maintenir des conditions de vie optimales pour les lombrics et favorise le processus de compostage.[1]

Fonctionnalités principales :

Il s'agit de remuer (sans mouvement brusque) le compost environ une fois par mois surtout au milieu du composteur, là où l'aération se fait le moins bien.

- **Activité microbienne** : cela permet de répartir les vers et les micro-organismes afin que le compostage se fasse partout et soit donc plus efficace.
- **Favorise la circulation de l'air** : cela réduit les mauvaises odeurs qui s'accumulent au centre, optimise le compost qui est un processus aérobie.
- **Réduit l'humidité** : l'humidité qui s'accumule au centre peu ainsi s'évacuer et cela permet d'obtenir un meilleur compost.

Tarification :

Ce système étant extérieur au composteur, il n'y a pas besoin de l'intégrer dans le système ce qui coûterait plus cher. De plus, nous pouvons faire le choix d'acheter cet aérateur directement dans le marché ou bien de l'usiner nous-même.

Manivelle et axe rotatif achetés complets :

- Produit disponible dans le commerce, en acier ou aluminium : Coût unitaire moyen estimé : 10 € à 30 €. [2] [3] [4]

Usinage

Matériaux	Coût matière	Usinage estimé	Total estimé
Acier	≈ 3 €	8 à 10 €	~ 10 à 15 €
Acier + Bois (manche)	≈ 4,5 €	5 à 10 €	~ 10 à 15 €
Acier + Plastique (guidon)	≈ 5 €	8 à 15 €	~ 13 à 20 €

TABLE 2.4 – Estimation des coûts matière, usinage (solution D)

Discussion et remarques

- Le coût total reste faible et de nombreuses options sont possibles : tout en acier, guidon en plastique, manche en bois, etc.
- Si nous l'usinons, cet aérateur pourrait bien être mis en option à l'achat du lombricomposteur
- Il convient de veiller à ne pas perturber les lombrics par une agitation trop fréquente ou trop brusque.

Avantages :

- Améliore l'aération du compost
- Réduit l'humidité
- Répartit les vers et les micro-organismes donc favorise le processus
- Facile à mettre en place

Limites :

- Nécessite une intervention manuelle, ce qui peut réduire la praticité pour l'utilisateur et cela lui rajoute une charge alors qu'il aimerait peut-être que le composteur n'ait pas besoin d'entretien de ce genre
- Risque de perturber les lombrics si l'agitation est trop fréquente ou trop intense (d'où la consigne d'une fois par mois avec un brassage délicat)

Chapitre 3

Conclusion

3.1. Comparaison des solutions entre elles et adéquation avec le cahier des charges

Dans cette section, nous comparons les différentes solutions envisagées en fonction des critères du cahier des charges. Chaque solution est évaluée selon les aspects techniques, économiques et environnementaux, afin de déterminer celle qui répond le mieux aux exigences fixées tout en restant dans une démarche low-tech et de rentabilité.

Critères du cahier des charges	A	B	C	D
FP1 – Maintenir un environnement favorable aux lombrics	Moyen	Bon	Excellent	Moyen
FP2 – Ventilation et évacuation d'humidité	Moyen	Bon	Excellent	Bon
FS1 – Autonomie énergétique low-tech	Excellent (passif)	Excellent (passif)	Faible (actif)	Excellent (manuel)
FS2 – Retrofit sur lombricomposteurs existants	Bon	Bon	Moyen	Excellent
FC1 – Contraintes matériau et budget	Bon (20–50 €)	Très Bon (15–30 €)	Moyen (15–35 €)	Excellent (10-20 €)
FC2 – Facilité d'utilisation / maintenance	Bon	Bon	Moyen	Moyen
FC3 – Transportabilité / masse	Bon	Bon	Moyen	Bon

TABLE 3.1 – Comparaison des solutions A–D selon les critères du cahier des charges.

Analyse comparative :

- La **solution A** (tubes d'aération dans les coins) est simple, économique et totalement passive. Elle respecte bien le cahier des charges low-tech, mais son efficacité reste limitée au centre du compost, là où réside le souci principal.
- La **solution B** (tube central) apporte une aération plus homogène, reste peu coûteuse et facile à intégrer. Elle combine donc bon rapport efficacité/coût.
- La **solution C** (ventilation forcée) est la plus performante en termes de régulation thermique et d'humidité, mais nécessite une source d'énergie et augmente les coûts ainsi que la complexité.
- La **solution D** (agitation mécanique) est la plus low-tech et la moins coûteuse, mais dépend d'une action humaine régulière, ce qui réduit sa praticité.

Autres options : Il est tout à fait possible de combiner des solutions pour trouver le système parfait. (par exemple A et D, B ou C et D, A et B ou C)

Annexes

Bibliographie

- [1] Conseil pour l'utilisation d'aérateur de compost : <https://plus2vers.com/fr/faut-il-remuer-son-lombricompost-voici-nos-conseils/>
- [2] Aérateur du marché 1 : <https://www.leborgne.fr/outils-professionnels/griffes-cultivateurs-et-tire-ligne/aerocompost-naturovert-.html>
- [3] Aérateur du marché 2 : <https://www.leborgne.fr/outils-professionnels/biogrif-et-rotogrif-/rotogrif-4-dents.html>
- [4] Aérateur du marché 3 : https://www.signals.fr/aerateur-compost.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=FRA%20%7C%20FR%20%7C%7C%20PLA%20%7C%20NB%20%7C%20%7B99%20-%20All%20Products%7D%20-%20%2802%20-%20PMax%29%20%7C%20GEN%20%7C%2002GG&gad_source=1&gad_campaignid=18179579717&gbraid=0AAAAADk7CR5YT0Ezql7mVgGzMTyGL1M8F&gclid=Cj0KCQjw9czHBhCyARIIsAFZlN8SeFIy07Q4n9GQB0IovYUHA1FI06HDpiHcjfzl652mXyaN7IRvRNxIaArP3EALwwcB#10MFM100

OUR WORLDWIDE PARTNERS UNIVERSITIES - DOUBLE DEGREE AGREEMENTS

3 CAMPUS, 1 SITE



IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire – <http://www.imt-atlantique.fr/>

Campus de Brest
Technopôle Brest-Iroise
CS 83818
29238 Brest Cedex 3
France
T +33 (0)2 29 00 11 11
F +33 (0)2 29 00 10 00

Campus de Nantes
4, rue Alfred Kastler
CS 20722
44307 Nantes Cedex 3
France
T +33 (0)2 51 85 81 00
F +33 (0)2 99 12 70 08

Campus de Rennes
2, rue de la Châtaigneraie
CS 17607
35576 Cesson Sévigné Cedex
France
T +33 (0)2 99 12 70 00
F +33 (0)2 51 85 81 99

Site de Toulouse
10, avenue Édouard Belin
BP 44004
31028 Toulouse Cedex 04
France
T +33 (0)5 61 33 83 65



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom