

DIPLÔME D'INGÉNIEUR DE L'INSTITUT SUPÉRIEUR DE MÉCANIQUE DE  
PARIS (INGÉNIEUR SUPMÉCA)

FORMATION INITIALE

STAGE INGÉNIEUR

CASTAING MATTHIAS

---

# Concevoir le compostage en zone d'habitat urbain dense

---

AUCUNE CONTRAINTE DE CONFIDENTIALITÉ

STAGE EFFECTUÉ AU SEIN DE L'ASSOCIATION ZÉRO DÉCHET TOURAIN  
CENTRE SOCIAL EQUINOXE, PLACE DU MARÉCHAL LECLERC  
37520 LA RICHE

## Table des matières

<b>1. Historique de l'association.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Organisation, environnement économique, positionnement du stagiaire</b>	<b>4</b>
<b>3. Produits et services de l'association.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Positionnement du stage dans le contexte de l'association.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Déroulement linéaire du stage.....</b>	<b>9</b>
<b>6. Description du stage selon les objectifs pédagogiques définis.....</b>	<b>10</b>
1. Volet 1 : Mise en place d'une filière d'industrialisation du Compostou.....	10
2. Volet 2 : Conception d'un pré-composteur de biodéchets.....	20
3. Volet 3 : Création d'une bourse de broyat de branches.....	39
4. Missions secondaires.....	43
<b>7. Responsabilité sociale et environnementale.....</b>	<b>45</b>
<b>8. Conclusion, résultats, livrables, préconisations.....</b>	<b>46</b>
<b>9. Table des figures.....</b>	<b>48</b>
<b>10. 1-page-summary in English.....</b>	<b>49</b>

## 1. Historique de l'association

**L'association Zéro Déchet Touraine (abrégé par ZDT) est née en Janvier 2017** de la volonté d'un groupe de personnes souhaitant échanger et partager au plus grand nombre leurs bonnes pratiques autour de la réduction des déchets et du gaspillage. Cette association est née du collectif de citoyen·nes zéro déchet 37, qui agit depuis 2015 pour réduire les déchets à la source en Touraine (Tours, Chinon, Amboise, Loches, Sainte-Maure-de-Touraine, Château-Renault...).

**Depuis 2017, ZDT a mené plusieurs centaines d'actions** (environ une tous les deux jours). Elle tient des stands d'information, anime des conférences, des ateliers do-it-yourself et des apéros zéro déchet et travaille en établissements scolaires... ZDT est intervenue auprès de 35 structures éducatives en Indre-et-Loire : écoles, centres d'accueil périscolaires, collèges, lycées et université. Elle y a mené des animations sur les thèmes du compostage, du lombricompostage, de la lutte contre le gaspillage et de l'éducation à la prévention des déchets. Elle travaille aussi bien avec des salarié·es d'entreprise, des élèves de maternelle, des agents municipaux ou des personnes en situation de handicap, des passionné·es de rugby ou des groupes paroissiaux...

Environ 4000 personnes sont désormais dans une démarche zéro déchet en Indre-et-Loire et leur nombre augmente chaque année.

Sous l'impulsion de son Conseil d'Administration, **l'association a acquis une crédibilité et une notoriété qui lui a valu la reconnaissance d'acteurs importants** (maires, technicien·nes de collectivités, conseiller·es communautaires, député·es d'Indre-et-Loire, ministre de l'éducation nationale) et l'intérêt de différents réseaux (ADEME, Association des Villes pour la Propreté Urbaine, cabinets de formation en DD), pour lesquels elle intervient de plus en plus. C'est sans doute parce qu'elle a beaucoup innové ces 3 dernières années en matière de prévention des déchets.

**Pour 2020, Zéro Déchet Touraine entend poursuivre son soutien à plusieurs initiatives de ses membres** sur le territoire tourangeau: mise en place d'une collecte de biodéchets en vélo, création de points d'apports volontaires de biodéchets, promotion des pailles réutilisables et du retour de la consigne sur les objets en verre, audits en entreprise...

## 2. Organisation, environnement économique, positionnement du stagiaire

L'association regroupe **800 sympathisant-es, donateur-rices et adhérent-es début 2020**. Elle est membre d'un réseau de 80 groupes locaux coordonnés par Zero Waste France et participe d'un mouvement en plein essor qui réunit 20 à 30 000 personnes en France. Il se crée en moyenne une nouvelle association ou collectif zéro déchet chaque mois en France depuis 2014. Citons par exemple Zero Waste Paris, Zéro Déchet Lyon, Zero Waste Strasbourg.

**Le bureau compte 7 personnes :**

- Un président (Sébastien Moreau, tuteur de mon stage)
- Deux vice-présidents
- Une trésorière et une trésorière adjointe
- Une secrétaire et une secrétaire adjointe

**Le conseil d'administration est constitué de 10 personnes** (dont celles du bureau).

**4 bénévoles ont un rôle particulier :**

- Un maître-composteur
- Un administrateur systèmes
- Une attachée de presse
- Une graphiste/couteau suisse

**L'association emploie un unique salarié à temps partiel**, avec des missions peu régulières sur une base horaire de 18 heures par mois. Ce salarié est animateur et guide-composteur, et il complète le travail des bénévoles en assurant le suivi et la maintenance de sites de compostage. L'activité prometteuse et en développement de ZDT lui permet d'envisager la création de plusieurs emplois sur le long terme.

De plus, ZDT possède plusieurs antennes locales en Touraine, avec un binôme de référent-es par antenne (Amboise, Génillé, Val de l'Indre et Langeais).

Dans ce contexte, mon positionnement en tant que stagiaire est équivalent à celui d'employé en charge du développement de 3 sujets présentés dans la suite de ce rapport. Ma rémunération est assurée en partie grâce à une subvention de l'organisme *Touraine Propre*, spécifiquement allouée pour la réalisation de mon travail.

### 3. Produits et services de l'association

L'association propose un large panel de prestations

- Défendre les intérêts des citoyen·nes dans le domaine de la gestion des déchets et de la préservation de l'environnement. Elle a notamment pour objet de promouvoir par tous moyens la réduction des déchets à la source, par le biais de démarches systématiques et volontaires de prévention des déchets désignées, sous le nom de démarche « zéro déchet, zéro gaspillage ».
- Organiser des ateliers et des temps d'échange (compostage, fabrication de produits maison, informations sur les déchets).
- Mener des actions de sensibilisation.
- Accompagner les organisateur·rices d'événements éco-responsables.
- Apporter son soutien aux acteur·rices socio-économiques engagés·es localement pour la prévention des déchets et faire connaître leurs initiatives, notamment par le biais de son site internet.

L'association a mis au point une **méthode originale d'audit en prévention des déchets d'activités économiques**, testée avec succès localement chez Burger King, Quick, et Starbucks, mais aussi en maison de retraite et en entreprise adaptée. L'un de ses rapports d'audit est remonté au siège de Burger King France où il a été étudié en vue de réduire les déchets produits par les restaurants de cette enseigne.

L'association a aussi développé une **méthode d'inspection de sites touchés par les déchets sauvages** pour réduire le jonchement de déchets (littering en anglais) sur notre territoire et en finir avec l'organisation de nettoyages citoyens, dont l'intérêt sur le long terme est limité.

L'association a mis au point une **methodologie d'audit et d'accompagnement des événements sportifs ou culturels**. En 2017 et 2018, une trentaine de bénévoles de ZDT ont accompagné le festival de musique Terres du son (45000 festivalier·es) dans la réduction de ses déchets. Ce travail a abouti à la rédaction d'un rapport de 150 pages, téléchargeable depuis le site internet de ZDT comme ses autres publications. Au total, ZDT a encadré 20 sujets de stages en 3 ans, mis en œuvre par une cinquantaine d'étudiant·es en licence professionnelle, BTS communication ou écoles d'ingénieurs. Elle a rédigé 2 dossiers thématiques diffusés nationalement sur les thèmes des déchets sauvages et du tri des déchets dans les espaces publics.

En 2019, **ZDT a formé 84 accompagnatrices et accompagnateurs bénévoles en prévention des déchets**, grâce à un cycle de 8 formations mensuelles sur des thèmes variés. Ces citoyennes engagées (car 79% des stagiaires étaient des femmes) pourront désormais

intervenir en écoles, lors de plaidoyers auprès des élus, ou auprès d'organismes d'événements culturels par exemple.

### Le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD)

Les travaux et les propositions de ZDT ont directement contribué à **l'élaboration et à l'adoption du PRPGD**, qui concerne désormais 2 567 000 habitant-es en région Centre Val de Loire et toutes les entreprises du territoire. Elle a aussi œuvré pour une prise de parole gouvernementale au sujet des déchets des fast-foods, pour l'interdiction des objets alimentaires en plastique jetable et du Black Friday, pour le retour de la consigne sur les objets en verre, pour une intensification de la lutte contre les déchets sauvages et pour la généralisation du compostage de proximité. C'est sur ce point que l'association est allée le plus loin en matière d'innovation.

### Le développement du compostage

L'association a créé en 2018, avec l'Université de Tours et la Maison pour la Science Centre Val de Loire, une **formation pédagogique au compostage**, plébiscitée par de nombreuses·x professeur·es d'école, de collège et de lycée. L'association accompagne une trentaine de sites de compostage partagé, dont 10 qui se trouvent dans des établissements scolaires et 4 en quartiers prioritaires. Dans la plupart de ces sites, **l'association a déployé une solution de compostage partagé innovante, appelée Compostou, inventée par quatre de ses membres**. Plus de détails dans la suite de ce rapport dont le développement du compostage participatif est le principal sujet.

## 4. Positionnement du stage dans le contexte de l'association

Le stage s'inscrit dans la volonté de l'association de développer son activité autour du compostage participatif de quartier.

Le *Compostou* évoqué en fin de partie précédente est fabriqué en bois, et il est le premier composteur partagé au monde spécifiquement conçu pour fonctionner à froid et en couche mince. Sa conception fut réalisée par quelques bénévoles de l'association et est brevetée auprès de l'INPI<sup>1</sup>.

Son fonctionnement s'inspire directement de celui d'une litière sous hêtre. C'est donc un composteur bioinspiré. Il offre à la faune utile du sol des conditions de vie équilibrées. Grâce à des apports réguliers en broyat de branche, des brassages doux et superficiels et le maintien sur place du compost produit, Zéro Déchet Touraine a mis au point une méthode de compostage efficace et simplifiée qui respecte totalement la communauté des animaux décomposeurs. Mieux respectée, cette communauté transforme efficacement les biodéchets en compost et l'enrichit en nutriments directement assimilables pour les plantes. Grâce au soutien de l'ADEME, de la Région Centre Val de Loire et du syndicat mixte Touraine Propre, Zéro Déchet Touraine a construit 10 Compostous expérimentaux qui ont fait l'objet d'un suivi scientifique et technique pendant 2 ans. Les résultats sont excellents : l'appareil a prouvé sa robustesse, son ergonomie répond totalement aux besoins des utilisateurs et il permet de produire un compost répondant aux exigences de la norme commerciale NF U 44-051.

Les premiers Compostous ont été fabriqués en bois de palette recyclée par Entraide et Solidarités, une association de réinsertion par le travail. Aujourd'hui Zéro Déchet Touraine les fabrique elle-même lors de chantiers-écoles participatifs. L'association envisage de le produire localement, à l'échelle industrielle, afin de rendre service à un maximum d'utilisateurs avec ce composteur 100% Made In Touraine. Il y en a désormais une trentaine en service en Touraine, et l'association vise l'installation de 250 unités supplémentaires d'ici 2025.

Dans cette dynamique associative locale très prometteuse, le stage vise au développement de trois volets.

1. La **mise en place d'une filière d'industrialisation du Compostou**, pour permettre sa production à plus grande échelle. La production actuelle est d'en moyenne un par mois grâce aux chantiers-écoles participatifs, mais le nombre de demandes citoyennes spontanées non satisfaites s'élève à plus de 250. De plus, l'association mise sur une évolution du positionnement des bailleurs sociaux qui, une fois séduits par le projet, rempliront les carnets de commande. Il est donc nécessaire que l'association soit en

---

1 Plus d'infos sur <https://compostou.org>

capacité de répondre aux demandes en respectant les critères de qualité fixés (prestation de qualité avec suivi des sites de compostage, bas coût, fabrication locale et low-tech).

2. La **conception d'un pré-composteur, aussi dénommé Point d'Apport Volontaire (PAV) de biodéchets**. Dans les quartiers d'habitat urbain denses, les demandes d'utilisateur·rices pour l'utilisation du Compostou dépassent largement ses capacités (15 personnes adultes par Compostou au maximum). De plus, ces quartiers sont des zones soumises à des contraintes d'aménagement urbain (quartiers historiques par exemple) et disposent de très peu de surfaces libres permettant l'installation de plusieurs Compostou. Pour satisfaire les nombreuses demandes et éviter une détérioration des Compostou due à de mauvaises pratiques, il est nécessaire de développer un système palliant à ses limites.

Il est aussi envisagé de proposer des pré-composteurs auprès des producteur·rices de grosses quantités de biodéchets (restaurants, cantines, ...). En effet, les biodéchets sont soumis à une réglementation depuis 2010 avec les lois Grenelle. Selon l'article L.541-21-1 du code de l'environnement, les producteur·rices de grosse quantité de biodéchets devront assurer le tri à la source des biodéchets pour les valoriser. Et selon l'arrêté du 12 juillet 2011, à partir de 2016, celles et ceux produisant plus de 10 tonnes de biodéchets par an sont concernés par le tri à la source. La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a introduit en 2015 l'obligation, pour le service public ou les petits producteurs de biodéchets, de trier à la source des biodéchets avant 2025. Selon le paquet économie circulaire de l'Union Européenne, cette obligation va être avancée au 31 décembre 2023.

3. La **création d'une bourse de broyat de branches**, visant à développer l'échange de broyat entre des professionnel·les (élagueur·ses, paysagistes se débarrassant de matière) et des utilisateur·rices (cherchant de la matière carbonée pour l'utilisation du Compostou).

Pour plus de détails concernant le contexte du stage, vous pourrez trouver en pièce jointe un dossier (« Projet Urba-GPROX ») déposé auprès du syndicat pour la valorisation des déchets ménagers, « Touraine Propre », dont les subventions ont permis la tenue de ce stage.

## 5. Déroulement linéaire du stage

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>Volet 1</b> <b>Compostou</b>						Dessin des plans de la version2, nomenclature	Rencontre de menuiseries industrielles partenaires				Conception d'une version3			Mise aux normes, dimensionnement final de la v3, fabrication de gabarits							Fabrication de la v3
<b>Volet 2</b> <b>Tourpluche</b>			Premières réflexions et modélisations		Cycle de modélisations, prototypages, corrections								Confinement, rédaction et dépôt du brevet, budget et demandes de subventions, mise aux normes				Révision du brevet, achat de matériel				Fabrication finale de 2 Tourpluche
<b>Volet 3</b> <b>Plateforme</b>							Définition du use case (et développement du site par un bénévole)					Validation de la structure du site, création de documents de présentation							Visite d'un lieu		
<b>Autres</b>	Découverte de l'association, travaux initiaux aux missions															Projet de boîtes à pâtisseries lavables		Projet de fabrication d'objets low-tech			

### Suites des trois projets

Les projets mis en place dans les trois volets du stage nécessitent d'être éprouvés par le temps, à l'utilisation par les personnes amenées à interagir avec. Il est donc nécessaire d'établir un suivi sur le long terme. Pour ce faire, des documents ont été créés, et les livrables du stages seront exploitables par toute personne de l'association voulant prendre le relais.

## 6. Description du stage selon les objectifs pédagogiques définis

### 1. Volet 1 : Mise en place d'une filière d'industrialisation du Compostou

Comme décrit en partie 4, le Compostou est un composteur innovant et spécialement dédié au compostage à froid en couches minces. Il est fabriqué en bois et a vocation à être installé à grande échelle en Touraine.

Pour anticiper cette production et être capable de répondre à une forte demande en Compostou, Zéro Déchet Touraine a cherché à créer des partenariats avec une ou plusieurs scieries ou menuiseries locales et industrielles (l'utilisation de bois locaux étant un aspect important du projet).

#### 1. Modélisation 3D du Compostou

Les ressources financières de ZDT étant faibles, tout comme la pertinence d'utiliser un logiciel de modélisation performant, la modélisation informatique du Compostou s'est effectuée sous l'application Sketchup en ligne, comme l'illustre la figure 1 présentant la version 1 du Compostou, réalisée en 2018.



Figure 1 : Modélisation 3D du Compostou v1

Pour expliquer succinctement le fonctionnement du Compostou (plus de détails sur <https://compostou.org/>), nous dirons qu'il s'agit d'une structure constituée de deux blocs de 1m<sup>3</sup> chacun, comme l'illustre la figure 1. Chaque bloc est constitué d'un toit avec une trappe posé sur une pile de 3 modules (un module a une hauteur de trois planches). Chaque module est constitué de 4 parois assemblées par des montants, mais le module bleu du dessous (figure 2) a la particularité de contenir un plancher pour accueillir une

réserve de broyat de branches. Ce module bleu est situé au-dessus du compost en maturation, accumulé pendant les 6 premiers mois de fonctionnement. L'autre bloc est utilisé pour recevoir les biodéchets. 6 mois de fonctionnement constituent une rotation.

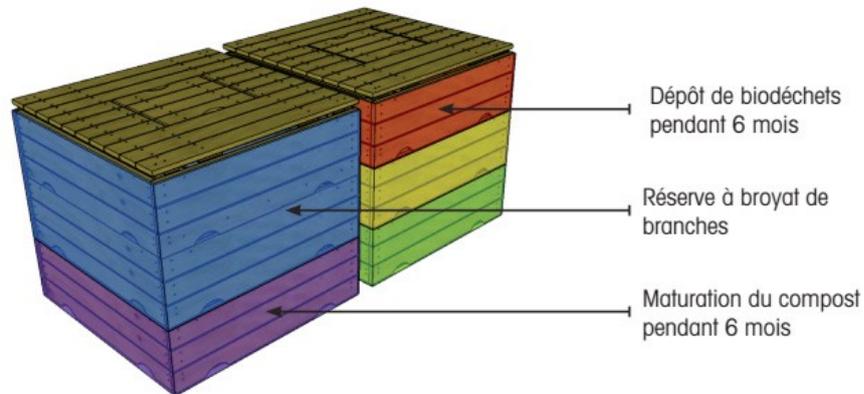


Figure 2 : Rotation 2 du Compostou

Après 6 mois supplémentaires de fonctionnement, une nouvelle rotation commence et les modules de chaque bloc sont échangés de manière à alterner les modules en contact avec le sol. La réserve de broyat est approvisionnée et positionnée au-dessus du nouveau tas de compost en maturation précédemment rempli via l'autre bloc. Le bloc d'apport de biodéchets est placé sur une autre surface de  $1\text{m}^2$ . Ceci est illustré sur la figure 3.

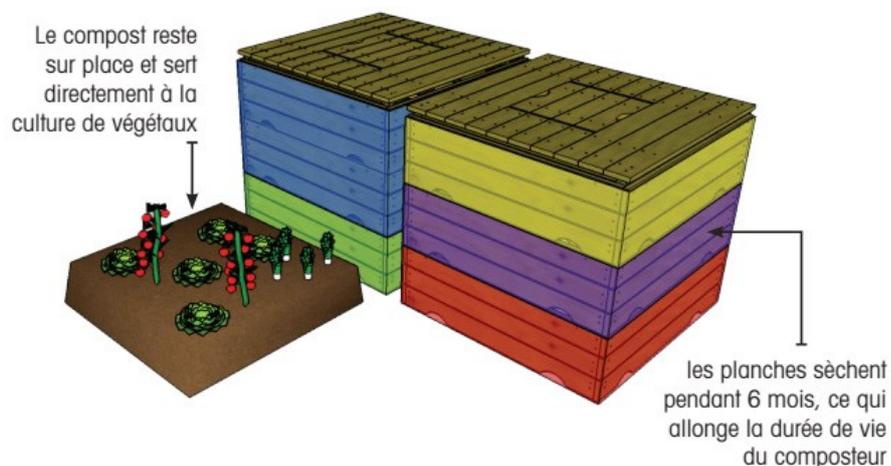


Figure 3 : Rotation 3 du Compostou

À la quatrième rotation,  $4\text{m}^2$  sont occupés au sol, dont  $2\text{m}^2$  sont occupés par du terreau à l'air libre utilisé pour la culture de végétaux. À la cinquième rotation,  $1\text{m}^2$  de terreau est retiré pour faire de nouveau place au bloc d'apport, il aura fallu deux ans pour mettre en place le système qui « tourne » alors sur lui-même et fournit du terreau tous les six mois.

Une seconde version du Compostou a été développée et mise en place en 2019. Elle conserve le même fonctionnement breveté, mais propose plusieurs améliorations techniques légères.

La troisième version du Compostou a été développée pendant le stage. Elle est présentée dans la partie suivante. Elle conserve le même fonctionnement que les versions précédentes.

## **2. Développement du Compostou v3**

Avec l'avènement de la troisième version du Compostou, deux filières de production sont créées : l'une industrielle pour répondre à des commandes importantes ; l'autre artisanale pour maintenir une production régulière (chantiers participatifs mensuels). Cette version vise les améliorations techniques suivantes :

- uniformisation des dimensions des planches utilisées ;
- réduction du temps de découpe et d'assemblage ;
- réduction du coût de production ;
- amélioration des performances techniques (qualité du bois et des assemblages).

### **Légende des figures représentant le Compostou v3**

Dans les figures suivantes, en vert sont représentées les planches de section 1000\*150\*18mm.

En rouge sont représentées les planches de section 950\*150\*18mm.

En bleu sont représentées les lambourdes de section 330\*50\*50mm.

Les nuances de vert, rouge ou bleu indiquent les types d'usinages appliqués à une même section de planche (donc à une même couleur), comme le présente la figure 4.



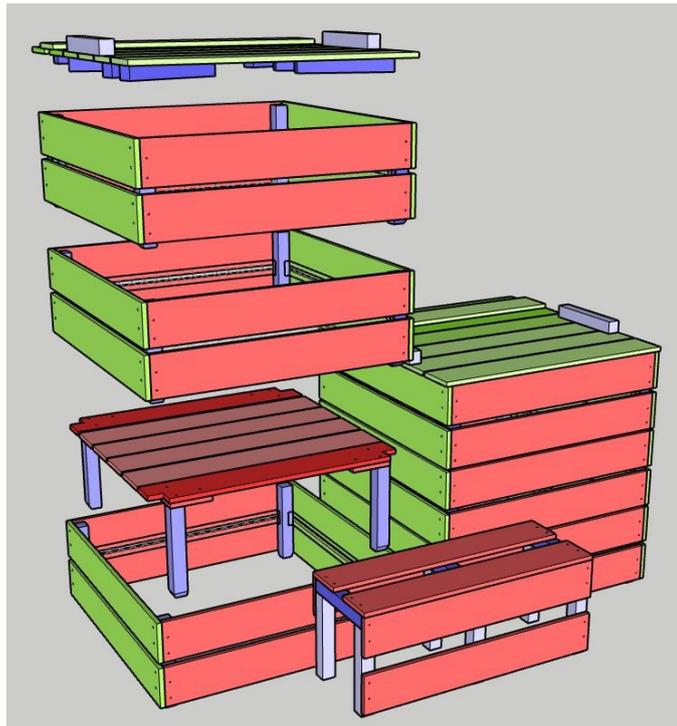


Figure 6: Vue d'ensemble du Compostou v3, avec éclaté du bloc à broyat

### Réduction du temps de découpe et d'assemblage, et du coût de production

Comme illustré en figure 4, sur les trois sections de planches utilisées, seulement 6 usinages différents sont effectués, et les planches sont pour certaines utilisées sans aucun usinage préalable.

Il est important de préciser que les éléments de la figure 4 sont les livrables des filières de production (présentées en partie 3). Quelques découpes et perçages supplémentaires et différents de ceux de la figure 4 seront nécessaires lors du montage, mais dans un souci d'économies ces derniers usinages très épars ne sont pas effectués pas les filières de production. Ces usinages spécifiques sont au nombre de 2 découpes et de 12 perçages.

Contrairement à la version 2 du Compostou nécessitant une étape intermédiaire de pré-assemblage (entre la découpe des éléments et l'installation sur site), les éléments de la version 3 sont directement livrés sur site après leur découpe, prêts à être assemblés.

La réduction du nombre de géométries, alliées à la simplification de l'assemblage permettent une réduction du coût de production. Le Compostou v2 était peu onéreux car produit artisanalement et avec des matériaux récupérés (donc peu chers). Le Compostou v3 s'inscrit dans les mêmes tarifs malgré une production professionnelle et des matériaux achetés neufs, ceci grâce à la simplification de sa production.

### Amélioration des performances techniques

Considérons 4 classes de composants principales pour le Compostou : les modules, le marchepied, les toits et le plancher.

**Les modules** sont très simples, et n'ont fait l'objet de presque aucune amélioration technique. Le nombre de planches par module a simplement été réduit. De 3 planches de largeur 95mm, il a été passé à 2 planches de largeur 150mm. Cela a notamment réduit le nombre de découpes et de perçages à effectuer.

**Le marchepied** est une nouveauté de la version 3. Il a été créé de toutes pièces en complément du Compostou, sans ajouter de section de planche supplémentaire. Il est présenté en figure 7.

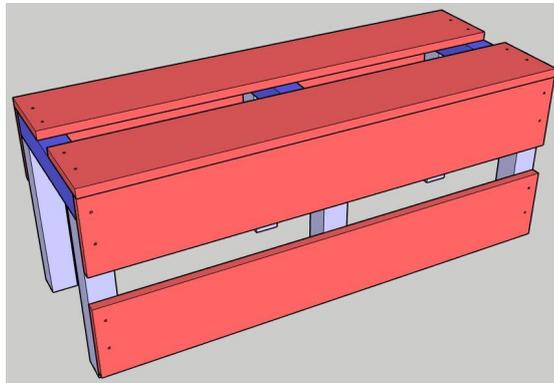


Figure 7: Marchepied du Compostou v3

**Les toits** du Compostou v3 s'ouvrent selon les étapes montrées en figure 8.

La première étape consiste au déverrouillage (le système de verrouillage est représenté sans le cadenas).

La seconde étape consiste au basculement de la première planche sans lequel il est impossible de basculer les autres. Le basculement se fait de l'avant vers l'arrière.

La troisième étape consiste au basculement de la seconde planche, sans lequel il est impossible de basculer la troisième. Le basculement se fait de l'arrière vers l'avant, puis il est nécessaire de pousser cette même planche vers l'arrière de sorte à la faire reposer sur la première planche.

La dernière étape consiste au basculement de la troisième planche. Le basculement se fait de l'arrière vers l'avant, puis il est nécessaire de pousser cette même planche vers l'arrière de sorte à la faire reposer sur la seconde planche.

Les planches restant immobiles au cours de ces étapes sont vissées au module sur lequel elles reposent.

Les lambourdes représentées en bleu clair ont pour but d'offrir un organe de préhension permettant de basculer facilement la première planche et de verrouiller facilement le système grâce à un cadenas.

Les lambourdes représentées en bleu foncé ont aussi une double fonction : permettre aux planches de ne pas se décaler latéralement (ce qui pourrait les faire tomber à l'intérieur du Compostou), et empêcher de retirer les planches lorsque le toit est fermé.

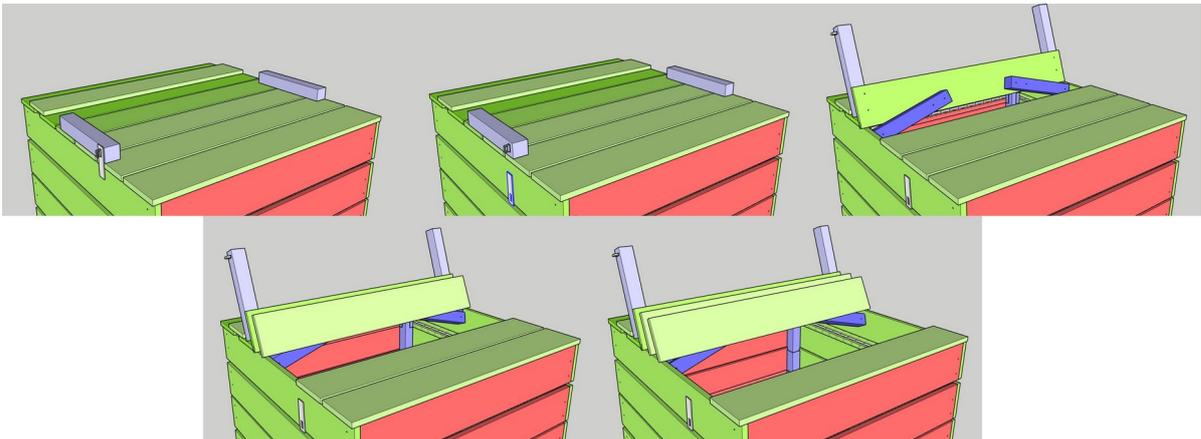


Figure 8: Étapes d'ouverture du toit du Compostou v3

Ce système permet d'agrandir l'ouverture de la trappe du toit et ainsi faciliter le brassage du compost(ou la récupération de broyat) dans le bloc.

Ce système permet aussi une ouverture facile pour les personnes n'étant pas capables de soulever les 3 planches d'un seul coup.

**Le plancher** est un plancher flottant, contrairement à la version 2 où il était supporté par des éléments vissés au module du milieu du bloc à broyat.

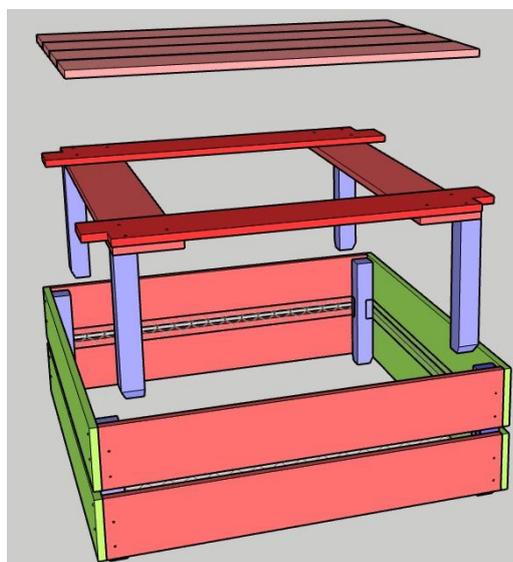


Figure 9: Le plancher flottant du Compostou  
v3

Il est composé d'un cadre sur lequel sont vissés 4 pieds, et dans lequel sont positionnées 4 planches flottantes, telle que le montre la figure 9.

Les pieds sont fixés à l'aide d'une simple vis de longueur 100mm, mais ne subissent que des efforts verticaux (charge de broyat) car le plancher est calé latéralement à l'intérieur du module, ce qui lui permet d'être maintenu.

**Une dernière amélioration technique** de la version 3 en comparaison de la version 2 est l'ajout de grillage et la réduction de l'écart entre les planches du Compostou, ceci dans le but d'empêcher des rongeurs de pénétrer à l'intérieur.

Plusieurs surfaces de grillage sont nécessaires à installer selon les interstices présentes sur le Compostou (et nécessaires pour sa bonne ventilation). Un rouleau de grillage standard (trouvé en grande distribution) de dimensions 5m\*1,5m permet de découper le grillage nécessaire à 2 Compostou, selon le schéma de la figure 10.

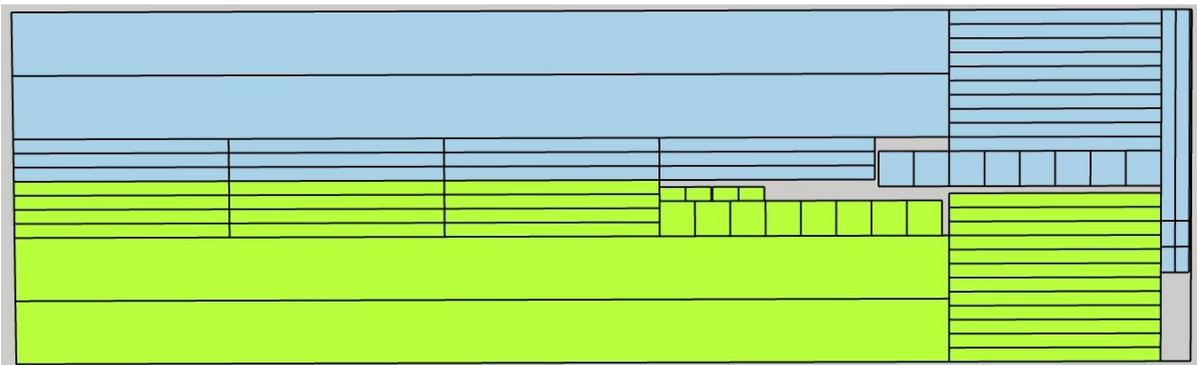


Figure 10: Plan de découpe du grillage pour deux Compostou v3 (en vert pour un Compostou, en bleu pour un autre Compostou, en gris pour les chutes)

### Comparaison de la version 3 développée sur la base de la version 2

Le Compostou v2 est composé :

- de bois de palette recyclées (pin de classe 1)
- d'éléments de 2 catégories (les planches de section 95\*20mm, les lambourdes de section 60\*50mm)
- de 11 longueurs d'éléments (7 longueurs de planches, 4 longueurs de lambourdes)
- de 10 catégories d'éléments usinés (différents perçages, découpes, chanfreins, ...)
- de 167 éléments au total (135 planches, 32 lambourdes)
- de 530 vis (3 longueurs de vis différentes)

Pour le réaliser, 3 chantiers sont nécessaires :

- Découpe des éléments (chantier assuré par un-e bénévole expérimenté-e)
- Perçages et pré-assemblage des toits et des parois des modules (chantier participatif)
- Assemblage (chantier participatif sur site)

Le Compostou v3 est composé :

- de cœur de douglas local (naturellement classe 3)
- d'éléments de 2 catégories (les planches de section 150\*18mm, les lambourdes de section 50\*50mm)
- de 3 longueurs d'éléments (2 longueurs de planches, 1 longueur de lambourdes)
- de 6 catégories d'éléments usinés (différents perçages, découpes, chanfreins, ...)
- de 130 éléments au total (75 planches, 55 lambourdes)
- de 308 vis (4 longueurs de vis différentes)

Pour le réaliser, 2 chantiers sont nécessaires :

- Découpe des éléments et perçages (chantier participatif ou commande en menuiserie industrielle)
- Assemblage (chantier participatif sur site)

Cette nouvelle version présente aussi un grand marchepied, une surface d'ouverture de trappe doublée, un plancher flottant plus facile à assembler, un grillage anti-rats.

Des gabarits ont été réalisés pour l'assemblage des éléments du Compostou

La figure 11 présente la première réalisation du Compostou v3.



**Figure 11: Le Compostou v3**

### **3. Partenariats et filières de production**

Un Compostou est assemblé en chantier participatif, avec les personnes amenées à l'utiliser. Pour le chantier, les éléments sont quasiment prêts à être assemblés sans besoin de découpe ou de perçage supplémentaire.

Ces éléments sont donc préparés en amont.

2 filières de production sont mises en place.

- La filière artisanale

En moyenne, un Compostou est installé par mois dans le département d'Indre-et-Loire. Pour répondre à cette fréquence peu élevée, un chantier participatif par mois est organisé avec les bénévoles volontaires de ZDT, pour préparer les éléments qui seront assemblés lors du second chantier participatif sur site, pour le montage du Compostou.

Cette filière de production artisanale est alimentée en matériaux (planches et lambourdes) par une scierie partenaire locale (bois de Touraine et de Sologne).

Les planches et lambourdes reçues sont brutes de sciage, en longueur de 2 mètres. Elles sont alors usinées par les bénévoles selon les dimensions spécifiées.

Le chantier dure environ une demi-journée

- La filière industrielle

D'importantes commandes en Compostou sont attendues, il est donc nécessaire pour ZDT de pouvoir réagir rapidement. Pour cela, la filière industrielle est mise en place, en partenariat avec un ESAT du département (structure accueillant des travailleuses et des travailleurs handicapé-es).

Cet ESAT a la capacité d'effectuer rapidement le travail réalisé par les bénévoles dans la filière artisanale, à un prix raisonnable. De même que la filière artisanale, l'ESAT est approvisionné en cœur de douglas local.

## 2. Volet 2 : Conception d'un pré-composteur de biodéchets

Pour répondre aux demandes croissantes des habitant-es des quartiers urbains denses de composter leurs biodéchets, Zéro Déchet Touraine a décidé de mettre en place un nouveau système de pré-composteur, aussi dénommé PAV (Point d'Apport Volontaire) de biodéchets. Le principe est simple : il s'agit de remplir de biodéchets des bacs qui sont ensuite vidés au fur et à mesure de leur remplissage dans un lieu en dehors du quartier, où le compostage à froid pourra avoir lieu.

Les 36 bacs de transport destinés à cette fonction ayant été achetés avant le début du stage, il s'agissait donc de concevoir une structure capable de les accueillir, facile d'utilisation, et respectant les règles de sécurité, d'hygiène et d'ergonomie liées au quartier visé. La conception menée à bien pendant le stage part de zéro.

Ce volet du stage s'est avéré particulièrement intéressant en ce qu'il s'agissait d'innover et de créer un nouveau système de A à Z, incluant les phases de définition du projet, de conception, de prototypages avec essais, de mise en place sur le terrain avec suivi de l'utilisation sur une courte période, et d'une phase finale de bilan du système avant validation définitive du projet.

### 1. Contraintes de conception du pré-composteur

Les contraintes de conception initiales du pré-composteur étaient les suivantes :

- Dimensions imposées des bacs de transport
- Dimensions imposées pour l'ensemble de la structure
- Construction en bois local et en éléments métalliques standard (compris dans le catalogue des grands distributeurs de matériel de bricolage grand public).
- Coût réduit, soutenable par ZDT et ses partenaires (institutions, associations, citoyen·nes)
- Résistance au milieu extérieur, en espace public (intempéries, dégradations)
- Simplicité d'utilisation pour les utilisateur·rices, ne nécessitant pas plus qu'une rapide présentation du système
- Possibilité de verrouillage pour restreindre l'ouverture aux personnes autorisées
- Résistance au poids important à supporter que représente la matière en décomposition

### 2. Modélisations 3D

La modélisation 3D s'est effectuée, comme pour le Compostou, sur l'application en ligne Sketchup. Cette modélisation était donc très limitée et ne permettait pas une réelle étude théorique du comportement du système. Sketchup ne permet pas l'utilisation de variables ni la simulation du système (dimensions / matériaux / cinématique / dynamique / ...).

Il s'agissait donc surtout de fournir des dessins en trois dimensions pour comparer différentes solutions techniques, sans pouvoir pousser leur conception virtuelle avant de commencer l'étape de fabrication.

Avant de commencer le développement 3D des solutions, plusieurs catégories ont été envisagées : un système avec empilement des bacs des uns sur les autres au fur et à mesure de leur remplissage, un système à tiroirs. La première catégorie a été abandonnée pour avoir semblé trop compliquée à l'utilisation. La conception s'est donc orientée sur un dispositif à tiroirs pour ranger les bacs.

Trois solutions techniques ont été développées virtuellement, regroupant au total une quinzaine de modèles ayant évolué au cours des deux premiers mois de stage. Seules les trois versions les plus abouties de ces trois solutions sont présentées ici.

La principale contrainte technique concernait la charge importante des tiroirs (environ 40kg au maximum de charge statique, ainsi que des sollicitations dynamiques dues aux utilisateur·rice·s remuant le compost).

### *1. Première solution : les « tiroirs gigogne »*

La première solution s'inspire des tables basses gigogne comme illustrées sur la figure 12.



**Figure 12 : table basse gigogne**

La figure 13 présente le pré-composteur gigogne modélisé sur Sketchup.

- En haut à gauche, le meuble est fermé, verrouillé à l'aide d'un cadenas (non représenté).
- En haut à droite, la porte du meuble (sur charnières) est ouverte et permet l'utilisation des tiroirs.
- En bas à gauche, le tiroir du haut est tiré et les bacs qu'il contient sont accessibles (pour y verser des biodéchets ou pour retirer le bac et le vider).

- En bas à droite, les tiroirs du milieu et du bas sont tirés. Le tiroir du bas n'est pas utilisable si celui du milieu est aussi ouvert, mais cette image illustre l'« aspect gigogne » du système. Les couleurs utilisées ne sont pas représentatives des matériaux ni de l'aspect final. Elles ont pour seule utilité la représentation des groupes de pièces assemblées.

Les tiroirs sont représentés en rose, les bacs de transport sont bleus, et le bâti est représenté en marron. Les bacs sont en plastique, les autres pièces sont en bois, assemblées grâce à des éléments métalliques et montées sur roues.

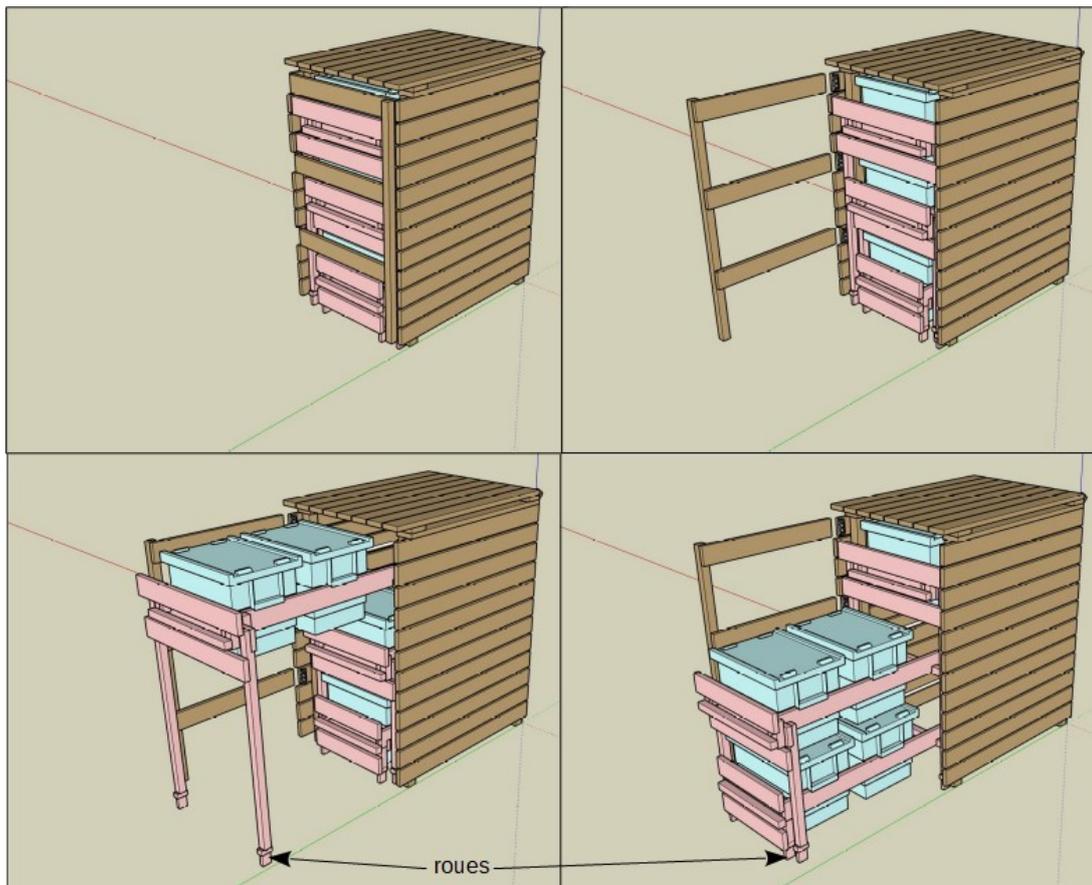


Figure 13 : Le pré-composteur gigogne

## 2. Seconde solution : les « tiroirs à bascule »

La seconde solution est un système à tiroirs à pieds, dont les pieds basculent lors de l'ouverture. Elle est présentée en figure 14. Sa conception n'est pas aboutie car, même si elle a été soigneusement travaillée, elle s'est assez rapidement révélée trop complexe (voire impossible) à réaliser sur plusieurs aspects.

Sur la figure 14 est représenté uniquement :

- en marron la façade avant du bâti

- en rose le tiroir du milieu (les tiroirs sont disposés de la même manière que sur la figure 13)
- en bleu les bacs de transport
- en blanc le pied du tiroir du milieu

L'image en haut à gauche présente le tiroir fermé, avec son pied replié. L'image en haut à droite présente le tiroir fermé, avec son pied déplié reposant sur le sol. L'image en bas à gauche présente le tiroir partiellement ouvert, ayant basculé autour d'un premier axe de rotation formé par le pied et le sol. L'image en bas à droite présente le tiroir totalement ouvert, ayant basculé autour d'un second axe de rotation formé par le pied et le sol.

Cette solution a rapidement été abandonnée pour les raisons suivantes :

- incompatibilité des exigences de dimensions du pied en position replié et en position déplié,
- élévation du tiroir due à la rotation du pied,
- effort trop important à fournir à l'ouverture pour des personnes âgées ou handicapées, ou pour des enfants.

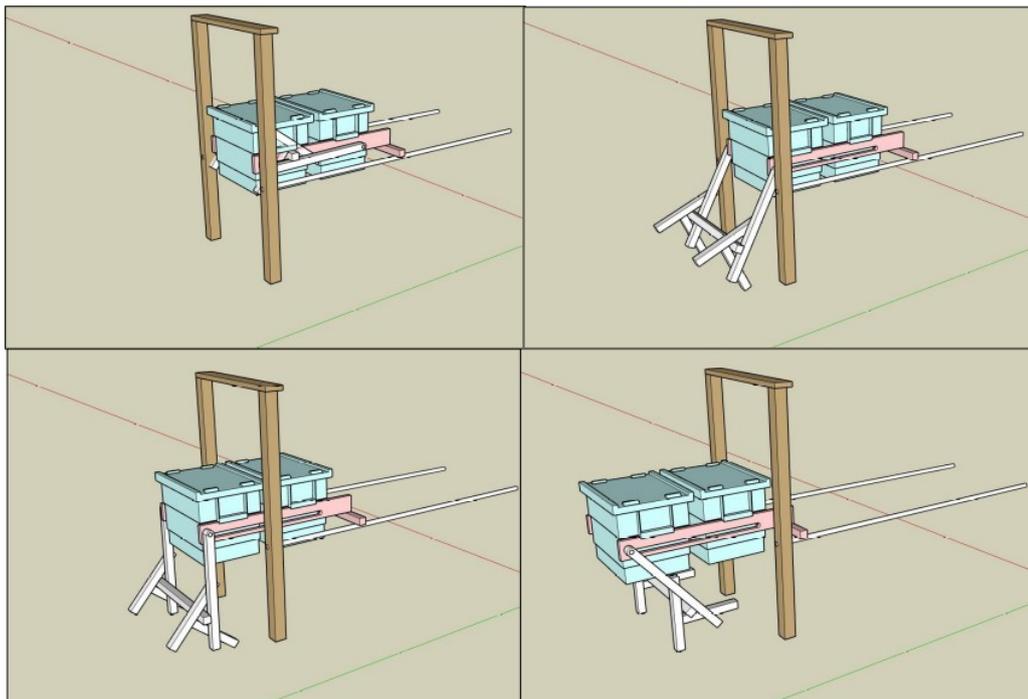


Figure 14 : Le pré-composteur à bascule

### 3. Troisième solution : le « meuble à pied-façade amovible »

La troisième solution est aussi un système de tiroirs à pied, mais dont le pied est unique pour les trois tiroirs et constitue la façade du meuble. Ce système est présenté en figure 15.

En marron est représenté le bâti, en jaune le pied-façade, en rose les tiroirs, en bleu les bacs de transport, et des verrous pistolet sont fixés par paire sur la face visible des tiroirs (ils sont représentés en noir).

- L'image en haut à gauche présente le meuble fermé et verrouillé par cadenas.
- L'image en haut à droite présente la porte du meuble ouverte, les tiroirs fermés et les verrous de chaque tiroir en position déverrouillée.
- L'image en bas à gauche présente les tiroirs fermés et les verrous du tiroir du haut et du tiroir du bas en position verrouillée (ces deux tiroirs ont été sélectionnés pour être ouverts).
- L'image en bas à droite présente les tiroirs du haut et du bas en position ouverte.

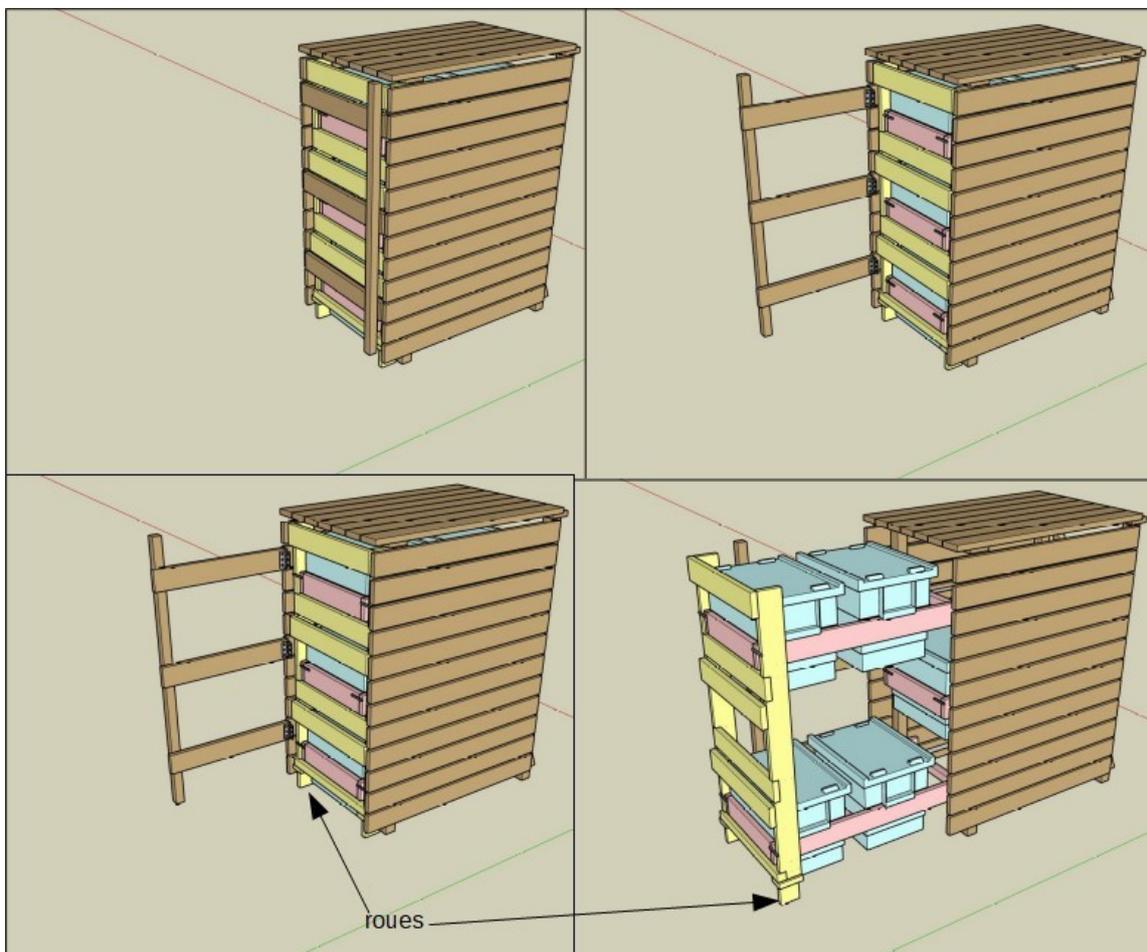


Figure 15 : Le pré-composteur à façade amovible

### **3. Prototypage**

#### *1. Première solution : les « tiroirs gigogne »*

Cette solution a constitué le Prototype 1 : « PAV 3.2 ». Elle a été la première construite, selon les dimensions des dessins précédents.

Les résultats ne furent pas satisfaisants :

- Pour le tiroir du haut, les vibrations étaient très importantes au niveau des pieds. Un renforcement de ces derniers n'aurait pas été possible pour des questions de dimensions générales. Les pieds des tiroirs se sont révélés trop souples pour atténuer la vibration due aux imperfections du sol.
- Les matériaux devant être utilisés pour la fabrication du PAV (du bois et des éléments standards grand public) présentaient des défauts irréguliers selon la pièce. Cela fragilisait le système en des points aléatoires qui aurait alors dû être fabriqué sur mesure pour chaque matériel acheté.

#### *2. Seconde solution : les « tiroirs à bascule »*

La modélisation a mis en défaut le modèle et a permis de l'éliminer avant son prototypage.

#### *3. Troisième solution : le « meuble à pied-façade amovible »*

Avant d'obtenir une solution finale satisfaisante, 3 prototypes ont été réalisés (utilisant la même structure que le Prototype 1).

#### Prototype 2 : « PAV 1.7 »

Par rapport au Prototype 1, le premier changement a constitué en la transformation des pieds « gigogne » en « pied façade ». La structure de chaque tiroir a aussi été repensée (description détaillée en partie suivante).

Les résultats ne furent pas satisfaisants :

- Lors de la fabrication, certains assemblages avaient été mal réalisés
- Ce modèle demandait une précision de réalisation trop importante pour pouvoir être fabriqué en matériaux standards en bois, achetés en magasin de grande distribution.

### Prototype 3 : « PAV 1.8 »

Par rapport au Prototype 2, le système d'ouverture des tiroirs était identique. La modification principale fut apportée sur la poignée des tiroirs permettant la sélection de ceux-ci.

Les résultats furent satisfaisants, malgré une difficulté à la fermeture des tiroirs.

### Prototype 4 : « PAV 1.10/1.11 »

De légères correction sur le Prototype 3 ont permis de valider ce prototype final. De même que pour le prototype 3, le prototype 4 a simplement apporté un nouveau modèle de poignées permettant la sélection du tiroir à ouvrir.

## **4. Choix et présentation détaillée de la solution retenue**

La solution retenue est le prototype 4, que nous appellerons la « Tourpluche ». Les prototypes 2 et 3 lui étant semblables, ils ne seront pas présentés. Ce système fait l'objet d'une requête en délivrance de brevet auprès de l'INPI depuis avril 2020. Dans le reste de cette partie, il est présenté tel que dans la requête de brevet, mais la version réelle présente de légères adaptations (notamment la forme des tiroirs qui sont adaptés pour recevoir des bacs en plastique amovibles.

La Tourpluche est un meuble à tiroirs en bois accueillant des bacs plastiques destinés à recevoir des biodéchets. La masse de biodéchets pouvant s'élever à 40kg par tiroir, la Tourpluche doit ne pas basculer lorsqu'un tiroir est tiré.

On connaît des meubles comprenant des tiroirs coulissant au moyen de glissières, mais si l'utilisateur appuie de haut en bas sur un tiroir placé en position tirée, il exerce sur le tiroir une force verticale, appliquée en porte-à-faux par rapport au corps du meuble, qui risque de faire basculer celui-ci. Le porte-à-faux peut aussi être provoqué par une charge trop importante imposée au tiroir, ou par le fait de tirer plusieurs tiroirs simultanément. Ceci pose des problèmes de sécurité pour l'utilisateur et peut aussi entraîner une détérioration du meuble et/ou de ce qu'il contient.

Ces types de meubles ne permettent pas de pallier aux problèmes évoqués précédemment et en même temps :

- de tirer complètement un ou plusieurs tiroirs simultanément tout en permettant l'accès aux contenus desdits tiroirs tirés ;
- de ne pas devoir ancrer le meuble au sol ou à une autre surface ;
- de garder une surface d'assise au sol du corps du meuble constante et indépendante du nombre de tiroirs tirés.

La Tourpluche a donc pour but de répondre à tous les problèmes évoqués précédemment.

La figure 16 présente une vue en perspective de la Tourpluche (0) à trois tiroirs, dont les trois tiroirs (2) sont poussés, dont le tiroir du milieu (2B) est solidarisé avec la façade (41) grâce à l'organe de préhension (3B) du tiroir du milieu ;

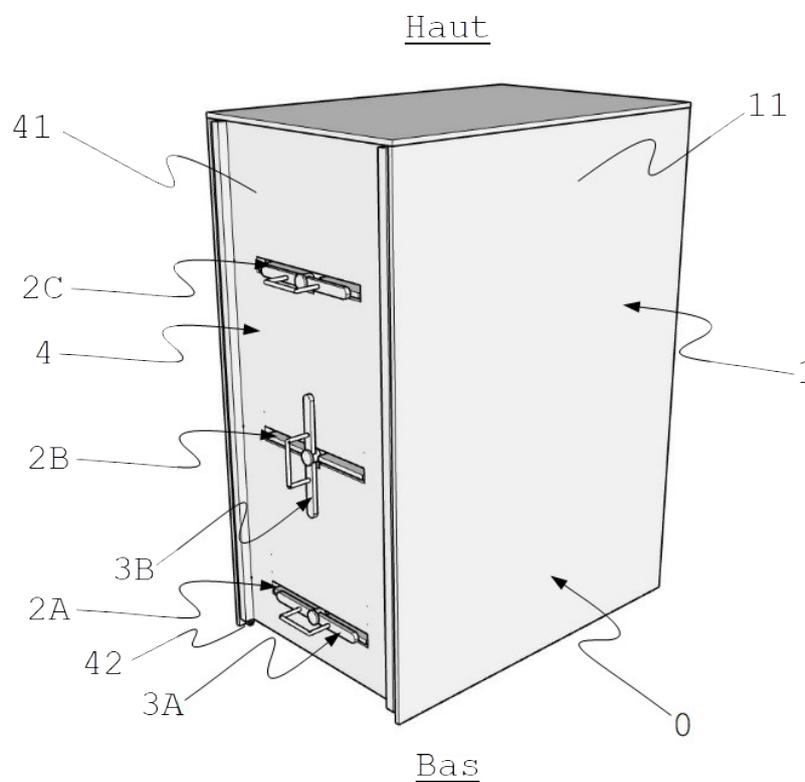
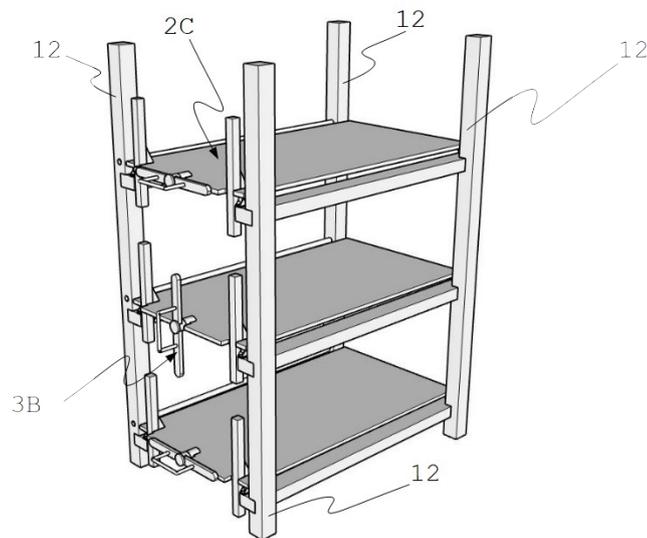


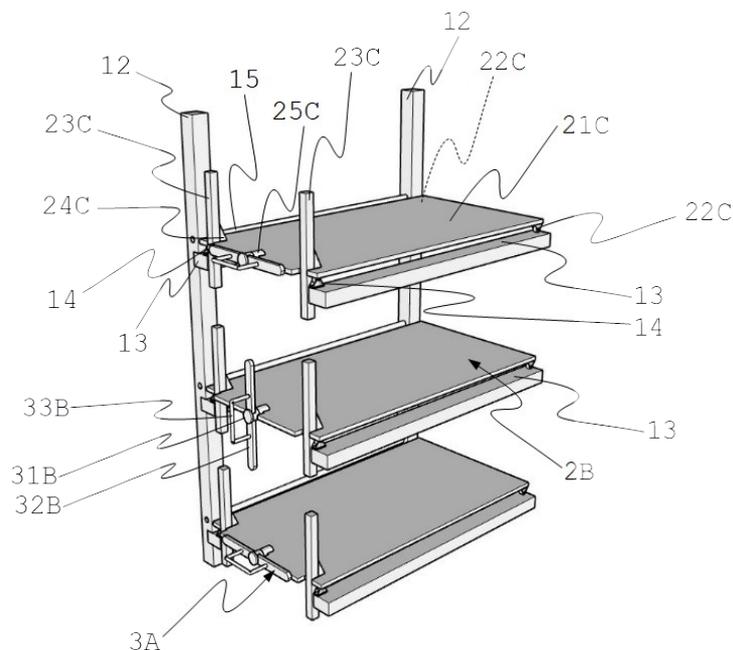
Figure 16: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche

La figure 17 présente la Tourpluche (0), dans le même état, mais dont le coffre (11) et la façade (41) ont été omis pour plus de clarté ;



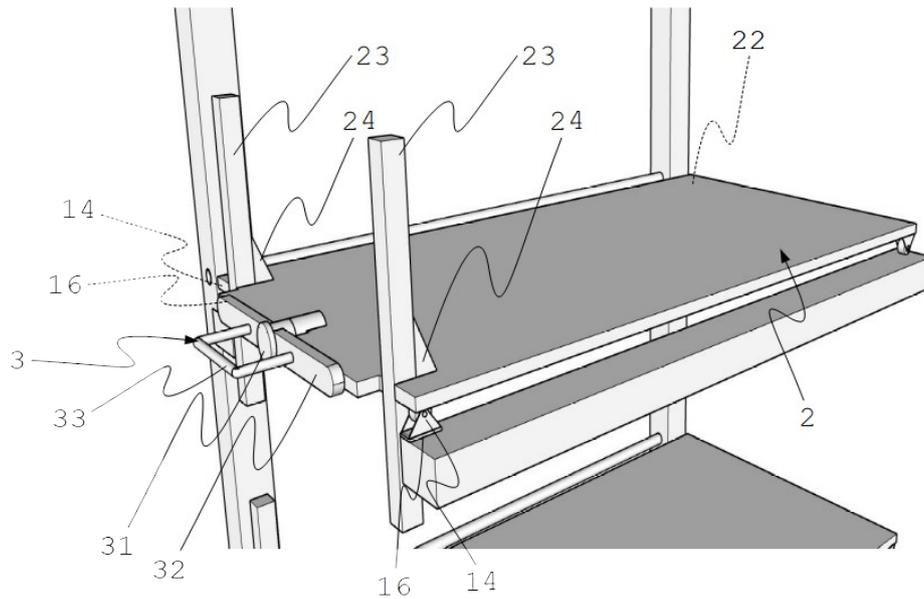
**Figure 17: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter ni sa façade**

La figure 18 présente la Tourpluche (0) dans le même état, mais dont deux des quatre poteaux (12) ont été omis pour plus de clarté ;



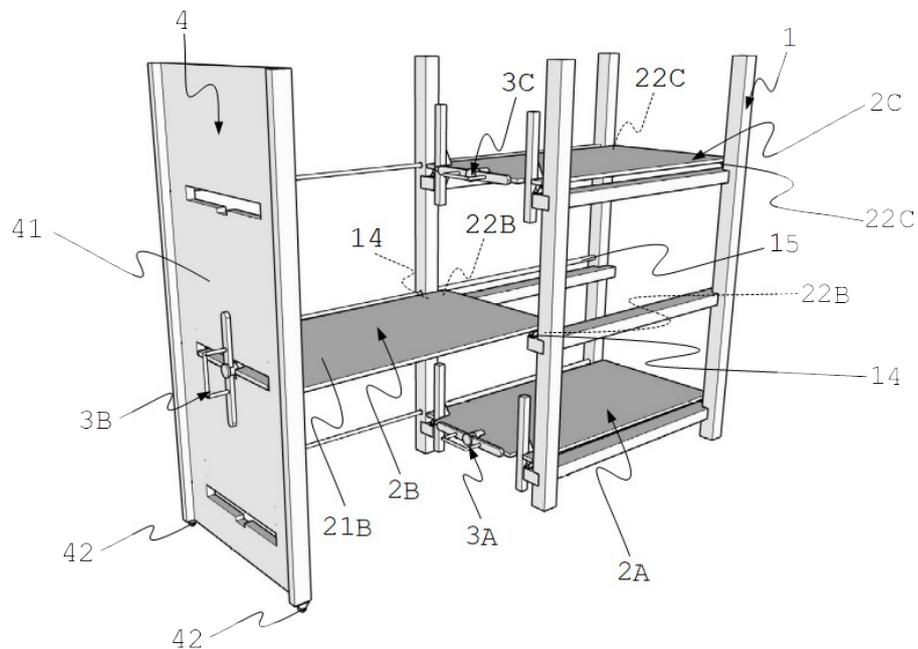
**Figure 18: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter ni sa façade ni 2 des 4 poteaux du bâti**

La figure 19 présente une vue rapprochée d'un tiroir (2) ;



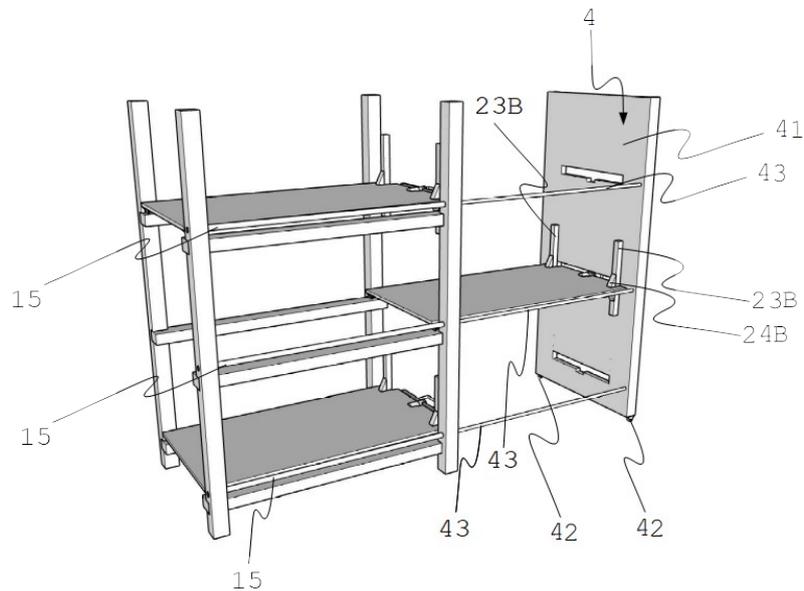
**Figure 19: Vue rapprochée d'un tiroir de la Tourpluche**

La figure 20 présente le même exemple de meuble (0), dont le tiroir du milieu (2B) est tiré ;



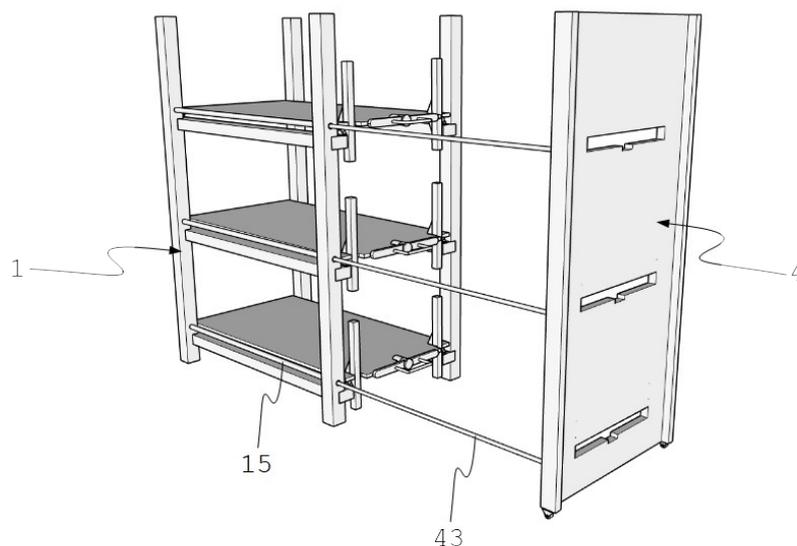
**Figure 20: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter, avec le tiroir (2) tiré**

La figure 21 présente le même exemple de meuble (0), dans le même état que sur la figure 5, mais observé du point de vue opposé.



**Figure 21: Vue en perspective (vue arrière) du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter, avec le tiroir (2) tiré**

La figure 22 présente le même exemple de meuble (0), dont la façade (4) est tirée, mais dont aucun tiroir n'est tiré.



**Figure 22: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter, ouvert mais sans tiroir tiré**

La Tourpluche (0) est constituée de huit ensembles. Les ensembles sont les suivants, désignés par des traits à pointe de flèche sur les figures, et numérotés comme suit :

- un corps (1), dont les éléments constitutants sont référencés de 11 à 16 ;
- trois tiroirs (2), dont les éléments constitutants sont référencés de 21 à 25 ;
- trois organes de préhension (3), dont les éléments constitutants sont référencés de 31 à 33 ;
- une façade (4), dont les éléments constitutants sont référencés de 41 à 43.

La Toupluche comprend trois étages (dénommés A, B et C de bas en haut), les tiroirs et les organes de préhension sont donc présents chacun en trois exemplaires. En référence à la figure 16, l'ensemble (3) référençant l'organe de préhension de l'étage du milieu est dénommé (3B). Il en est de même pour chaque ensemble répété à chaque étage, ainsi que pour les éléments constitutants ces ensembles répétés à chaque étage.

En référence à l'ensemble des figures 16 à 22, les ensembles du meuble comprennent les éléments suivants, désignés par des traits simples :

- le corps (1) est constitué d'un carter (11) ; de quatre poteaux (12) ; de six rails (13) ; de six roues (14) ; de trois tubes (15) ; de six cales (16) ;
- les tiroirs (2) (de A à C) sont chacun constitué d'un plateau (21) ; de deux roulettes (22), de deux baguettes d'arrêt (23) ; de quatre renforts (24) ; d'un pivot (25) ;
- les trois organes de préhension (3) (de A à C) sont chacun constitué d'un pivot (31) ; d'une baguette d'arrêt (32) ; d'un arceau (33) ;
- la façade (4) est constituée d'un plateau (41) ; de deux roues (42) ; de trois tiges (43) d'un diamètre inférieur au diamètre intérieur des tubes (15).

En référence à la figure 16, lorsque la façade (4) est poussée, les trois tiroirs (2) sont fermés. Le choix d'au moins un tiroir (2) à tirer est possible grâce aux organes de préhension (3). Les figures 16 à 22 montrent la sélection du tiroir (2B), par l'enclenchement de l'organe de préhension (3B) défini en ce qu'il a traversé la façade (4) et qu'il a subi une rotation de 90° par rapport à sa position initiale. L'organe de préhension (3B) permet la solidarisation de la façade (4) avec le tiroir (2B), grâce aux baguettes d'arrêt (23) renforcées

par les renforts triangulaires (24) (les éléments (23) et (24) sont en référence aux figures 4 et 6).

En référence aux figures 16 et 18, lorsque la façade (4) est poussée, chaque tiroir (2) (sélectionné ou non) repose sur deux roues (14) et deux roues (22).

En référence aux figures 20 et 21, une fois le tiroir (2B) sélectionné, il est tiré par l'intermédiaire de la façade (4). La façade (4), amovible, permet le non-basculement des tiroirs (2) même s'ils sont chargés d'une masse importante ou si l'utilisateur exerce une force de haut en bas sur le tiroir.

En référence à la figure 20, lorsque la façade (4) est tirée avec le tiroir (2B) (il en va de même avec les autres tiroirs (2)), le tiroir (2B) repose sur deux roues (14) et les deux roues (42). Lorsque le centre de gravité du tiroir (2B) franchit l'axe formé par les roues (14) de l'étage B, le tiroir (2B) bascule légèrement vers l'avant. Ses points d'appui constitués des roues (22B) se soulèvent. Un nouveau point d'appui est alors constitué par l'extrémité du plateau (21B) qui repose sur le plateau (41) de la façade (4). Le plateau (21B) repose continuellement sur les roues (14).

En référence aux figures 16 et 19, les roues (14) sont surélevées à l'aide d'une cale (16) pour permettre un léger mouvement de basculement des tiroirs. Si l'organe de préhension (3) d'un tiroir (2) n'est pas enclenché, cette surélévation permet de garantir l'absence de contact entre ledit tiroir (2) et la façade (4), et ainsi d'éviter l'entraînement non voulu dudit tiroir (2) par la façade (4).

En référence à la figure 22, si aucun tiroir n'est sélectionné, la façade (4) est maintenue grâce aux tiges (43) qui coulisent dans les tubes (15) du corps (1). Cela permet la sécurisation vis à vis d'une chute éventuelle de la façade (4).

La Tourpluche (0) peut donc être gérée dans le cadre d'un procédé cyclique incluant :

- une étape (E1) de sélection d'un ou plusieurs tiroirs (2), par la solidarisation desdits tiroirs (2) avec l'organe support (4) ;
- une étape (E2) de déplacement de l'organe support (4) avec les tiroirs (2) ;
- une étape (E3) d'interaction de l'utilisateur avec tout tiroir (2) en position tirée ;

- une étape (E4) de déplacement inverse à l'étape (E2) de l'organe support (4) avec les tiroirs (2) ;
- une étape (E5) de désolidarisation, ou non, du ou des tiroirs (2) avec l'organe support (4).

Grâce à l'organe support mobile, chaque tiroir repose en permanence sur au moins trois points d'appuis, qui empêchent le basculement du meuble, quels que soient le nombre de tiroirs tirés et la répartition de leur masse, leur position, la charge qu'ils soutiennent ou la force verticalement exercée sur eux. En effet, un tiroir dont le point projeté au sol de son centre de gravité est situé dans la surface d'assise du corps de la Tourpluche (tiroir totalement poussé ou partiellement tiré) repose complètement sur les éléments permettant le glissement du tiroir par rapport au corps du meuble. Différemment, chaque tiroir dont le point projeté au sol de son centre de gravité est situé hors de la surface d'assise du corps de la Tourpluche (tiroir tiré) repose partiellement sur les éléments permettant le glissement du tiroir par rapport au corps du meuble et partiellement sur l'organe support. Ainsi, si l'utilisateur exerce une force verticale sur un tiroir en position tirée, celui-ci n'exerce pas de force en porte-à-faux sur le corps du meuble qui reste donc en appui stable. En outre, il est possible de fixer l'organe support à un ou plusieurs tiroirs qui peuvent être tirés et utilisés en même temps et dont le nombre n'influe pas sur la surface d'assise du meuble. L'organe support mobile étant situé en façade, l'accès aux contenus des tiroirs tirés est libre et se fait latéralement par rapport à ceux-ci.

Chaque tiroir est en relation avec au moins deux éléments du corps du meuble qui assurent une légère élévation de l'avant du tiroir lorsque le point projeté au sol de son centre de gravité est situé dans la surface d'assise du meuble.

Chaque tiroir peut être associé à des éléments classiques de coulissement par rapport au corps du meuble.

L'organe support comprend un panneau formant sa façade, avec des éléments classiques de maintien en position déclenchables facilement et permettant la solidarisation efficace et réversible d'au moins un tiroir avec ladite façade de l'organe support.

L'organe support comprend des roues permettant un déplacement aisé sur le sol, ainsi que des éléments de glissière permettant son coulissement par rapport au corps du meuble et prévenant sa chute, en cas de désolidarisation d'au moins un tiroir.

Bien entendu, il est possible de varier le nombre, la disposition et la forme de chaque tiroir. Il est aussi possible d'ajouter des éléments de verrouillage sécurisé entre l'organe support (4) et le corps (1) pour prévenir l'utilisation du meuble (0) par des personnes non autorisées.

### ***5. Difficultés et défis liés à ce travail***

Ce volet du stage fût extrêmement intéressant car il présentait plusieurs défis.

- En raison du manque de fiabilité des dimensions des matériaux achetés, l'assemblage de la Tourpluche devait intégrer des marges importantes et un processus de fabrication dont les étapes dépendaient des défauts de chaque pièce.
- En raison du petit budget, il n'était pas possible d'acquérir des pièces de bois ou de métal à des dimensions non-standard. Le choix des matériaux était donc limité au catalogue des magasins de bricolage grand public. De même, tout devait pouvoir être fabriqué avec des outils à main d'atelier.
- Le stage étant effectué pour une association n'ayant pas pour habitude d'embaucher des ingénieur-es, il était important de tenir le délais de conception et de production de la Tourpluche pour qu'elle soit opérationnelle au bout de 6 mois.
- Les outils numériques utilisés étaient peu performants car gratuits.
- Il a fallu commencer la conception de la Tourpluche à zéro, incluant les phases de définition du projet, de conception, de prototypages avec essais, de mise en place sur le terrain avec suivi de l'utilisation sur une courte période, et d'une phase finale de bilan du système avant validation définitive du projet.

### 3. Volet 3 : Création d'une bourse de broyat de branches

Le Compostou et le pré-composteur nécessitant du broyat de branches pour fonctionner, le troisième volet du stage s'est imposé par lui-même. Il s'agissait pour Zéro Déchet Touraine de trouver des fournisseur·ses capables de lui livrer de la matière première en quantité suffisante et régulière pour assurer un approvisionnement fiable à sa flotte de composteurs.

#### 1. Création d'un réseau de plateformes de compostage en ligne

Pour permettre les échanges de broyat entre les professionnel·les et l'association, des petits sites de dépôt, prévus pour contenir au maximum 5 m<sup>3</sup> de broyat, sont généreusement mis à disposition par des propriétaires de terrains vacants, en Indre-et-Loire. Ces lieux ont une double fonction : accueillir le broyat et servir de mini-plateformes de compostage.

Pour gérer les flux de broyat et de compost dans ces différents lieux répartis autour de Tours, une plateforme de gestion en ligne a été conçue. Elle a ensuite été codée par un bénévole de l'association avec les compétences suffisantes.

En voici le fonctionnement :

Une carte (voir figure 23) recense les lieux de dépôt, indiquant visuellement le taux de remplissage de chacun, mis à jour automatiquement en fonction des apports ou des retraits de broyat.





Les administrateur·rices de l'association Zéro Déchet Touraine sont les seul·es à pouvoir ajouter un lieu de dépôt sur la carte ou à accorder des QR-codes. Ceci garantit la sécurité des données et le respect des termes de l'accord de collaboration.

Plusieurs lieux de stockage de broyat sont définis ou en cours d'ouverture dans la métropole avec l'accord des mairies ou des propriétaires concerné·e·s.

## ***2. Recherche de partenaires***

Pour permettre le fonctionnement de la plateforme, plusieurs lieux de compostage ont été contactés, ainsi que plusieurs entreprises d'égavage / paysagisme.

En échange de dons de broyat de branches, l'association fournit un reçu fiscal permettant aux entreprises de déduire de leurs impôts 66 % du montant estimé du coût du broyat donné sur une année. Ce fonctionnement permet aux entreprises de valoriser une matière jetée en général, d'y gagner financièrement, et de mettre en avant leur engagement auprès d'une association.

## **4. Missions secondaires**

Au cours du stage, des missions secondaires ont été effectuées.

### ***1. Animation de chantiers participatifs***

Pour assembler ses Compostous, Zéro Déchet Touraine propose à ses bénévoles de participer à un chantier animé par un·e bricoleur·se expérimenté·e. Ces chantiers sont l'occasion de rencontrer des personnes utilisant les Compostou, pour échanger avec elles sur leurs pratiques et ainsi améliorer un aspect du projet. De nombreuses·x participant·es viennent pour apprendre à bricoler, et certain·es utilisent des outils pour la première fois ce qui rend ces chantiers très intéressants pour l'animateur·rice qui peut développer ses compétences pédagogiques. Cela nécessite cependant une très grande vigilance vis-à-vis de la sécurité des bénévoles.

Plusieurs chantiers participatifs ont été animés pendant le stage.

### ***2. Interventions de sensibilisation dans des écoles***

Même si le développement du compostage participatif est un aspect très fortement développé par Zéro Déchet Touraine, l'association propose de nombreuses autres prestations comme des conférences, des audits ou des interventions de sensibilisation au zéro déchet auprès de différents publics (écoles, entreprises, festivals, ...).

Les animations en écoles sont intéressantes et importantes car les enfants sont très ouvert·e·s et très sensibles au sujet, et elles-ils font partie de la génération qui remet en question la société du gaspillage. Ces interventions sont une bouffée d'air parmi les réflexions très techniques de l'association et permettent aux intervenant·es de prendre du recul sur leur travail de la vie quotidienne.

Une intervention de sensibilisation a été menée dans une école maternelle au cours du stage (d'autres auraient dû avoir lieu pendant le confinement).

### ***3. Conception de boîtes à pâtisseries lavables***

Les 3 volets du stage ayant été traités plus rapidement que prévu, et ayant atteint partiellement leurs objectifs fin avril, un nouveau projet a vu le jour à la fin du stage : celui de concevoir des boîtes à pâtisseries lavables pour les boulangeries-pâtisseries (et proposer ainsi une alternative zéro-déchet aux boîtes traditionnelles en carton).

Un questionnaire en ligne fut conçu pour réaliser une étude de marché auprès de professionnel·les, et plusieurs d'entre elles-ux acceptèrent de répondre aux questions.

Cependant, le dé-confinement arriva avant la fin de cette étude de marché et les activités liées aux volets 1 et 2 du stage reprirent.

Ce projet est donc en sommeil pour l'association, et sera de nouveau exploré si un·e bénévole ou un·e stagiaire décide de s'en saisir.

### ***4. Développement d'un filière de production d'objets low-tech***

En raison de la pandémie de covid-19, une crise économique de grande ampleur est à prévoir. Zéro Déchet Touraine considère qu'il est important de nous y préparer au mieux dans les délais très courts restants, et pour cela, un projet de développement d'objets low-tech a émergé.

Encore au stade embryonnaire (par manque de bénévoles), le principe est de ré-inventer des objets du quotidien dont l'utilité est avérée, et qui sont robustes, artisanaux, locaux et peu onéreux dans la mesure du possible. Une fois ces objets ré-inventés (jouets en bois, ustensiles, accessoires, ...), des plans et un accompagnement à la production seraient mis à disposition de toute personne dans le besoin, pour l'aider à obtenir un revenu. Ceci permettrait de relancer l'économie locale dans une petite mesure.

Un brainstorming accompagné d'une petite étude de marché ont été menés pour cibler des objets et des catégories d'objets pertinents et ayant plus de chances de succès.

De même que pour les boîtes à pâtisserie lavables, ce projet reste en suspens en attente de bénévoles intéressé·es.

## 7. Responsabilité sociale et environnementale

Les objectifs habituels d'un projet d'entreprise sont économiques, malheureusement majoritairement axés sur le profit au détriment de l'utilité réelle pour les personnes. À ces objectifs est ensuite ajoutée la notion de développement durable. Le projet présenté ci-dessus attaque la question à l'inverse : il est fondamentalement né d'un besoin social et environnemental, et inclue des aspects économiques permettant son développement à grande échelle. C'est en cela que ce stage est responsable socialement et vis-à-vis de l'environnement.

Relativement au Compostou et à la Tourpluche :

L'aspect low-tech et la logique de décroissance portés par ce projet se traduisent par plusieurs aspects

- Le bois de construction provient de scieries et de menuiseries locales.
- Peu d'autres matériaux sont utilisés, et s'il reste certains éléments plastiques, ils sont à la marge et ont vocation à disparaître.
- Les systèmes sont protégés des avidités financières (brevets), pour empêcher une appropriation qui mènerait à une utilisation irresponsable socialement.
- Le Compostou et la Tourpluche sont des vecteurs du développement de la vie de quartier et ont déjà permis la création de liens entre les personnes. Cette variable devrait être une composante essentielle de tout projet.
- Les systèmes répondent à des besoins réels, sans en créer de superficiels
- Ils sont facilement réparables par tou-tes s'ils sont accompagnés de formations et d'échanges de savoirs.
- La fabrication est peu consommatrice en énergies, et l'utilisation ne nécessite aucune énergie.

## 8. Conclusion, résultats, livrables, préconisations

Au cours de ces 5 mois de stage (initialement 6 mois, raccourcis en raison du confinement dû au covid-19), les 3 objectifs ont été atteints et les travaux sur les 3 volets ont pu être poussé plus loin que ce qui était prévu initialement.

Un mois de plus au sein de l'association aurait permis d'initier 2 nouveaux projets (boîtes à pâtisseries lavables et production d'objets low-tech pour la dynamisation de l'économie locale).

Les livrables produits sont au nombre de trois.

Le **Compostou v3** a vu le jour suite aux Compostou v2 et v1 conçus par des bénévoles de l'association depuis 2018. Cette nouvelle version, même si elle est plus onéreuse (223,65€ pour la production industrielle et 142,56€ pour la production artisanale, contre 141,56€ pour le Compostou v2), apporte de nombreuses améliorations :

- Pérennisation de la filière d'approvisionnement, et amélioration de la qualité du bois utilisé (meilleure résistance aux intempéries) ;
- Capacité de répondre rapidement à des commandes très importantes (multiplication par 10 environ de cette capacité) ;
- Diminution du temps de production (environ par 5 pour la production industrielle et par 2 pour la production artisanale) ;
- Simplification de l'assemblage, avec à terme possiblement un assemblage 100 % bois ;

La **Tourpluche** a été inventée de toutes pièces et apportera potentiellement au palmarès de l'association un second brevet déposé (réponse en attente de l'INPI). Ce second système permettra à l'association de mettre en avant mieux encore la qualité de ses services auprès des autorités et entreprises locales et nationales. La Tourpluche apporte une solution concrète au compostage participatif de quartier dans les zones d'habitat urbain denses, et même dans les centres historiques (exigeants en termes d'architecture).

Pour une surface occupée au sol de 2m<sup>2</sup>, ce système permet à 50 foyers de composter leurs déchets, donc de réduire d'au moins 30 % leurs poubelles ménagères. En comparaison avec le Compostou, la surface occupée est deux fois moins importante et accueille de trois à quatre fois plus d'habitants.

La **plateforme de compostage** est le troisième résultat du stage, et permet de stabiliser le fonctionnement du Compostou et de la Tourpluche en termes d'apport de matière

carbonée dans le compost. Avec cette plateforme, il sera garanti que les composteurs de Zéro Déchet Touraine puissent être approvisionnés en quantité suffisante de broyat pour leur fonctionnement journalier.

Les résultats cumulés de ces livrables sont les suivants.

En termes de progression des idéaux de réduction des déchets dans le département (et avec un impact national à terme) :

- Multiplication des possibilités à offrir aux habitant-es de la métropole de Tours pour le compostage de leurs déchets, les incitant ainsi à consommer des produits plus sains, biologiques et locaux (qualité du compost et cercle vertueux du compostage local) ;
- Amélioration de la qualité de l'apport de matières carbonées dans les composteurs, permettant à l'association d'entamer un processus d'optimisation de la composition de la matière en elle-même ;
- Grandissement de la notoriété de Zéro Déchet Touraine auprès des pouvoirs politiques et des entreprises locaux sur la question du traitement des biodéchets.

En termes d'économie pour Zéro Déchet Touraine :

- Stabilisation de la filière Compostou, donc allègement du travail fourni par les bénévoles pour en permettre le fonctionnement ;
- Élargissement de la clientèle grâce au nouveau produit qu'est la Tourpluche ;
- Entrée sur le marché départemental de l'échange de broyat de branches ;
- Développement du réseau de partenaires.

Malgré cela, ces trois livrables ne sont pas encore résilients. Il est nécessaire de les mettre à l'épreuve des conditions d'utilisation réelles et de l'usure. Pour ce faire, la transmission des résultats obtenus durant ce stage sera effectuée et le suivi se poursuivra bénévolement sur les prochains mois.

Une fois éprouvés, les cycles de conception pourront être renouvelés pour apporter des améliorations.

Le développement de la Tourpluche a un potentiel très intéressant pour l'ouverture d'un nouveau stage ingénieur, puis un suivi devra être apporté sur plusieurs années.

## 9. Table des figures

Figure 1 : Modélisation 3D du Compostou v1.....	10
Figure 2 : Rotation 2 du Compostou.....	11
Figure 3 : Rotation 3 du Compostou.....	11
Figure 4: Planches constituant le Compostou v3, catégorisées par longueur (couleurs) et par type d'usinage (nuances de couleurs).....	13
Figure 5: Vue d'ensemble du Compostou v3.....	13
Figure 6: Vue d'ensemble du Compostou v3, avec éclaté du bloc à broyat.....	14
Figure 7: Marchepied du Compostou v3.....	15
Figure 8: Étapes d'ouverture du toit du Compostou v3.....	16
Figure 9: Le plancher flottant du Compostou v3.....	16
Figure 10: Plan de découpe du grillage pour deux Compostou v3 (en vert pour un Compostou, en bleu pour un autre Compostou, en gris pour les chutes).....	17
Figure 11: Le Compostou v3.....	18
Figure 12 : table basse gigogne.....	21
Figure 13 : Le pré-composteur gigogne.....	22
Figure 14 : Le pré-composteur à bascule.....	23
Figure 15 : Le pré-composteur à façade amovible.....	24
Figure 16: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche.....	27
Figure 17: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter ni sa façade.....	28
Figure 18: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter ni sa façade ni 2 des 4 poteaux du bâti.....	28
Figure 19: Vue rapprochée d'un tiroir de la Tourpluche.....	29
Figure 20: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter, avec le tiroir (2) tiré.....	29
Figure 21: Vue en perspective (vue arrière) du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter, avec le tiroir (2) tiré.....	30
Figure 22: Vue en perspective du modèle déposé de la Tourpluche, sans son carter, ouvert mais sans tiroir tiré.....	30
Figure 23: Cartographie interactive des lieux de dépôt de broyat de banches et de compost.....	35
Figure 24: Interface de gestion de la plateforme de compostage de Grandmont.....	36

## 10. 1-page-summary in English

The 5-month-internship with the association *Zéro Déchet Touraine* consisted of three topics.

The first one was putting in place an industrial way of production of the *Compostou*, an innovative composter designed by the volunteers of association two years ago. The goal for *Zéro Déchet Touraine* being to be able to answer a potential big order from any company or public institution.

To do so, a new version of the *Compostou* was designed during the internship, with a standardisation of its components and the decrease of their number.

Even though that new version is a bit more expensive, the sector of production is now reliable : its capacity is multiplied by 10, the production time of one *Compostou* has been cut by 2 to 5 times the former one, and it is now much easier to put its parts together when it must be assembled

The second one was to designing a new prototype of pre-composter also called Voluntary Waste Drop-Off Receptacle for biowaste. Downtown, the population is too important to use a classical composter like the *Compostou*. A solution to tackle that problem is to using a container that must be emptied regularly, and that was the second topic of the internship. A pre-composter called *Tourpluche* was designed like a piece of furniture with drawers each carrying two 25L containers in which the biowaste is poured.

Starting from zero, the *Tourpluche* was designed with simple pieces of wood and steel, so it might be fixed very easily and it is eco-friendly. A patent is being registered for the invention, and if it still needs to be improved it is already being tested in the old centre of Tours.

Compared to the *Compostou*, the seating surface is two times lower and the capacity is three to four times higher.

Th third one was to create an platform for the exchange of branch shred. Indeed, to work properly and avoid bad smell the *Compostou* and the *Tourpluche* must be supplied with shred. The principle of the platform is to simplify gifts and storage of shred from trimmers. Places were chosen to storage and as they are filled or emptied, the online platform is updated so everyone can know where to grab shred if it is necessary for a composter.

Those objective were completed during the internship, and a follow-up will be done voluntarily throughout the next months.