

Mini-guide

Étude de cas : Capiobianco Soluciones

Documentation d'une initiative de recyclage plastique
en République Dominicaine



Points clefs d'apprentissage :

- *Comprendre la genèse et le développement d'un projet de recyclage*
- *Comprendre et visualiser les opérations d'un centre de recyclage plastique*
- *Avoir un retour d'expérience sur le modèle économique*



Sommaire

1. Capobianco Soluciones en bref	3
2. Présentation de Capobianco Soluciones	4
Introduction	4
Historique	5
3. Atelier de production et technologies	6
Présentation de l'atelier	6
Chaîne de production de plaques	7
Chaîne de production de profilés	9
L'organisation du travail dans l'atelier	13
4. Approvisionnement en matière premières et produits finis	14
Approvisionnement	14
Produits finis	15
5. Modèle économique	15
Présentation de la méthodologie d'analyse coûts-revenus	15
Coût de production du sous-produit profilé	17
Coût de production de la menuiserie	19
6. Conclusion	22



Les contenus de ce guide sont proposés en **open source**

Les apports à ce mini-guide sont les bienvenus → merci de vous adresser par e-mail à jean-baptiste@plasticodyssey.org

1. Capobianco Soluciones en bref

- **Nom de l'entreprise** : Capobianco Soluciones
- **Propriétaire** : M. Fermin Capobianco
- **Lieu** : Santo Domingo, Republica Dominicana
- **Matières premières des déchets plastiques** : Plastique dur (HDPE, PP)
- **Produit** : Plaques, profilés, produits assemblés (poubelles, bancs, barrières...)
- **Année de création** : 2013
- **Historique** :
 - **2013** : Achat du terrain 70 k\$ (1000m²) et construction de l'atelier 50k\$
 - **2014** : Achat d'un broyeur 10k\$
Achat chaîne d'extrusion et barillet 130k\$
 - **2015** : Achat de chaîne fabrication des plaques pour 150k\$
 - **2017** : Achat de deux extrudeuses pour 150 k\$
 - **2018** : Agrandissement du terrain (+1000m²) 70k\$
 - **2020** : Partenariat avec Proplanet
- **Financement** : Personnel
- **Parc machines actuel** :
 - Chaîne de fabrication de plaques : 26 plaques (1,3m*2,4m *12mm (40kg)) / jour
 - Extrudeuses : 2 x 150kg/h
- **Quantité de plastique recyclé par an** :
 - ~ 3,5T / jour
 - ~ 1000T / an
- **Ouvriers employés** : 8 employés + 4 travailleurs en prestation
- **Chiffre d'affaires annuel 2023** : 400 k\$



[@capobiancosoluciones](https://www.instagram.com/capobiancosoluciones)



2. Présentation de Capobianco Soluciones

Introduction

Lors de notre escale en République Dominicaine (septembre 2023), nous avons reçu une mobilisation record des acteurs du recyclage dominicain. À Saint-Domingue nous avons rencontré plus de 300 entrepreneurs, étudiants, professeurs, employés portant un projet de valorisation et de diminution des déchets plastiques. Cependant les entreprises proposant des solutions de transformation de la matière en produits finis se comptent sur les doigts d'une main.

Capobianco nous a ouvert les portes de son atelier de recyclage que nous avons repéré sur YouTube il y a plusieurs années pour sa méthode de fabrication de plaques. Acteur engagé dans le développement de solutions durables au problème de la pollution plastique, Fermin nous a partagé son expérience dans le monde du recyclage à échelle semi-industrielle.



Fermin Capobianco




Fermin, ingénieur agronome et gérant d'exploitation forestière en République dominicaine, a consacré plus de 20 ans de sa vie à transformer le bois pour en faire divers objets utilisés pour l'agriculture tels que des clôtures, des enclos et des abris. Cependant, en raison des réglementations de plus en plus strictes visant à prévenir la déforestation, il a su repenser son activité. La situation environnementale du pays ainsi que sa conscience écologique l'ont alors poussé à explorer les opportunités liées au recyclage du plastique.

En 2008, il décide de se former au recyclage plastique, il part à de multiples reprises en Colombie pour apprendre sur les machines de recyclage et les produits finis valorisables.

Il passe en tout pas moins de 6 mois dans des entreprises colombiennes et apprend beaucoup notamment chez Ecomodulares, l'entreprise de Javier Chia.

En 2013, il acquiert un terrain de 1000m² et construit son premier entrepôt. Il commence par l'achat d'un broyeur pour accumuler des ressources en plastiques broyés puis fait l'acquisition d'une chaîne de profilés avec barillets. En 2014, il achète un système automatisé pour faire des plaques. La vente de plaques brutes ne fonctionne pas très bien au début. Il change de stratégie et forme ses employés à la construction de produits finis, cela correspond mieux au marché dominicain. En 2016 il achète 2 extrudeuses en Colombie, il se lance dans la production de profilés et planches pour varier ses offres. En 2017 il agrandit son entrepôt de 1000m² supplémentaire. En 2019, il met en place un partenariat avec Proplanet SAS Colombia à qui il envoie des déchets en tetrapack pour recevoir en retour des tôles de polyaluminium. L'acquisition de diverses machines lui permet de créer des mobiliers urbains tels que des bancs de parc, des bureaux d'école et tout autre objet pouvant être utiles dans la vie quotidienne. Fermin collabore également à la construction de maisons en plastique recyclé, offrant un précieux soutien à plusieurs familles de la région.

 **Liens des vidéos YouTube** qui nous ont fait connaître cette technologie de création de plaque qu'il nous tardait de découvrir :

<https://www.youtube.com/watch?v=DRd53yhS95I>



Capobianco Soluciones Ecológicas

8,7 k vues · il y a 10 ans



Capobianco Soluciones Ecológicas es una empresa comprometida con el medio ambiente, dedicada a la recolección, ...

<https://www.youtube.com/watch?v=v9fmVkgeGQA>



Madera Plastica Fabricacion de Tableros de Madera Plastica

1 M de vues · il y a 11 ans



Madera Plastica es un material que se fabrica utilizando residuos plasticos de todo tipo. Es la solucion a los desechos plasticos ...

<https://www.youtube.com/watch?v=m9nYgMtxWFY>



Madera Plastica

448 k vues · il y a 8 ans



Maquinas para fabricar madera plastica a partir de desechos plasticos de casi cualquier tipo.

Historique

Si Capobianco Soluciones est aujourd'hui rentable, il a fallu attendre la 9ème année pour que l'entreprise conclut un bilan positif. Les investissements ont tous été privés et personnels. Fermin insiste sur le fait que son entreprise n'aurait pas pu démarrer, ici en République Dominicaine, avec un système de prêt à la banque ou d'aide externe. Allier la fabrication de ses produits finis dans le même entrepôt et avec les mêmes salariés lui permet d'en tirer des bénéfices non négligeables. Il insiste sur la plus-value du savoir-faire de ses employés pour les objets finis, nettement plus valorisables que la simple revente de profilés ou plaques. On rappelle ci-dessous quelques chiffres rappelant les investissements et étapes importantes du développement de l'entreprise de recyclage :

Revenues :

2014 : 5,5k\$

2015 : 15k\$

2016 : 38k\$

...

2023 : 400k\$

Après trois ans, à faire fonctionner la chaîne d'extrusion avec barillet (acheté chez American Cierra de Paul Vanderpool 130k\$ en 2014, 300kg/h 85-100ch à 100kW), Fermin décide de l'arrêter car trop gourmande en énergie et préfère acheter deux extrudeuses avec vanes trois voies. La chaîne de production de profilés par barillet est toujours dans l'atelier laissé à l'abandon.

3. Atelier de production et technologies

Présentation de l'atelier

L'atelier de production s'étend maintenant sur 2000m² scindé en différents espaces. L'entrée qui sert de stockage des produits finis avec, à l'étage, les bureaux du management qui surplombe l'atelier. Celui-ci est présenté dans la photo ci-dessus. On peut y voir un espace dédié aux activités de menuiserie (au centre), la chaîne de production des plaques sur la droite ainsi que les deux extrudeuses (au fond à droite).



Derrière l'espace dédié à la production, on retrouve deux espaces de stockage, un premier pour la matière première (flocons et déchets) ainsi qu'un second pour les produits en polyaluminium et les profilés et plaques finies.



Chaîne de production de plaques

C'est la deuxième chaîne de transformation de la matière achetée par Fermin chez Heatmx au Mexique. Cette chaîne automatisée de production produit des plaques de PEHD de dimension 1,3m x 2,4m de 1,2cm d'épaisseur. Occasionnellement, il peut faire des plaques en ajoutant une fraction de PP au PEHD afin de rendre les plaques plus résistantes. Cependant le PP étant souvent plus cher que le PEHD, il produit essentiellement des plaques en PEHD. Chaque moule plaque est sur un chariot que l'on peut faire circuler en le poussant à la main pour qu'il suive les rails.

- Temps de production journalier : 4h / jour
- Capacité : 6 planches de 40kg / jour
- Consommation d'énergie par heure de production : 45 kWh
- Groupe électrogène dédié : 100kW (surdimensionné)
- Consommation du groupe électrogène : 30L/h (soit environ 32\$/h)



Le process se décompose comme suit :

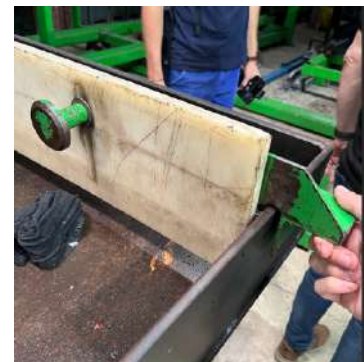
- Filme de silicone appliqué avec un chiffon au fond du moule
- Ajout du broyat
- Homogénéisation du broyat sur la plaque

- Chauffe : 10 min 180 degrés / 40 min 225 degrés
- Presse : pression pendant 40 minutes entre 1200 et 1500 PSI avec système de liquide de refroidissement à 8 degrés
- Démoulage
- Conformateur 24h



Les moules sont en acier et le silicone appliqué au fond sert de lubrifiant. Les fours fonctionnent avec un système de 4 résistances en dessous du moule et chauffent donc la matière contenue dans le moule par convection.

Une règle permet de parcourir tout le moule et d'égaliser la matière sur toute la plaque. A la compression, il laisse un peu de marge sur le côté pour laisser déborder.



À noter que les temps de refroidissement sous la presse refroidie à 8°C sont essentiels afin de pouvoir démouler la plaque. Elles sont ensuite empilées sous un conformateur

(lourde plaque soulevée par une chèvre) afin qu'elles conservent leur planéité. Enfin, elles sont empilées pour le stockage.



Chaîne de production de profilés

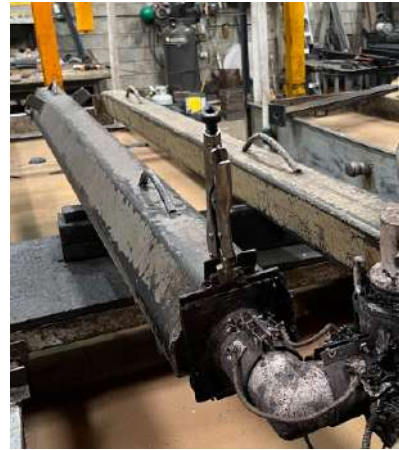
En 2017, deux ans après l'achat de la chaîne de production de plaque, Fermin investit dans une première extrudeuse en 2017 (27k\$) puis une seconde identique en 2020 (33k\$) afin de remplacer sa chaîne d'extrusion couplée à un barillet. Avec le transport et l'installation des machines depuis la Colombie, cela lui a coûté environ 150k\$. Deux opérateurs permettent d'opérer les changements de moules, la commutation de la vanne trois voies et le démoulage des profilés.

- Temps de production journalier : 4h / jour
- Capacité : 150 kg/h (par extrudeuse)
- Consommation d'énergie par heure de production : 25 kWh (par extrudeuse)
- Groupe électrogène dédié : 50kW
- Consommation du groupe électrogène : 19 L/h (soit environ 20\$/h)



Après 6 ans de fonctionnement et ayant hérité du savoir-faire des recycleurs colombiens, on peut relever plusieurs subtilités techniques qui permettent de maximiser le temps effectif de production de la machine et de diminuer le temps humain investi en production et en maintenance.

L'extrudeuse de chez Ecomodulares chauffe le broyat à 225°C grâce à 5 colliers chauffants classiques de 1500W. La vanne trois voies fabriquée chez Ecomodulares en Colombie est équipée de 6 colliers chauffants de 1500W - 220V afin de conserver la vanne à une température certes un peu plus faible que dans la vis mais empêche tout de même la matière de se figer et de bloquer l'écoulement. La vanne, ne subissant pas de contraintes mécaniques et ne pouvant être peinte, est en Inox.



Les moules utilisés par Capo Bianco sont fabriqués par l'entreprise Ecomodulares en Colombie. Ces moules ont retenu notre attention car très facile à démouler et assez léger. Les moules sont mécano-soudés en acier de bonne qualité. À titre d'exemple, le moule le plus répandu est un moule planche de 120cm x 10cm x 2,5cm d'une épaisseur de 3mm pour un prix indicatif de 130\$. Ces moules sont assez légers et peuvent être facilement manipulés par les opérateurs qui attrapent à main nue les moules par leurs anses pour les déplacer. Les moules de 120cm avec une géométrie spéciale sont vendus autour de 280\$.



Capobianco utilise par exemple des moules « en forme de poisson » pour faire les planches qui vont servir à construire les murs des maisons. Afin d'empêcher les filets de lumière d'entrer dans les habitations, Fermin devait jusque-là chanfreiner toutes ses planches. Grâce à ces moules plus aucune opération de menuiserie n'est nécessaire.



Pour ce qui est de l'interface vanne trois voies/moule, le profilé est affublé d'une plaque trouée en son extrémité. Le trou fait office d'entrée matière. Sa taille est identique quelle que soit la géométrie du profilé à remplir ce qui permet de normaliser l'interface vanne/moule. L'avantage par rapport aux moules à section ouverte est également que lorsque l'on déconnecte le moule, le plastique fondu ne peut pas fuir à l'extérieur du moule. On peut même maintenir son doigt sur l'orifice juste après le décrochage du moule pour éviter qu'un peu de matière ne s'échappe, en quelques secondes, la matière est assez affermie pour ne plus s'échapper.



Les moules sont pressés sur la sortie de l'extrudeuse par une pince étau, ce qui permet aux opérateurs d'effectuer les changements de moules de manière simple et efficace. Les moules sont simplement posés sur des profilés découpés à la bonne hauteur pour garder les moules à l'horizontal.



À l'autre extrémité, les moules disposent d'encoches qui permettent de glisser une cale afin de les fermer. Les opérateurs attendent avant de fermer pour contrôler le remplissage. Une solution observée dans d'autres ateliers est d'avoir une cale en bois à l'intérieur du moule qui se fait pousser à mesure que la matière avance et permet d'indiquer quand le moule est presque plein. Dans les ateliers de Capobianco, la gestion des temps de cycle se fait à l'expérience. Sur les moules avec un volume plus important, afin d'éviter de monter l'extrudeuse et le moule en pression et donc de faire gonfler le moule, un petit orifice permet le débordement du plastique fondu.



Une fois les moules remplis, la vanne trois voies est commutée afin de remplir un second moule déjà en place et vide. Le moule fraîchement rempli est plongé dans le bain juste en dessous rempli d'eau et d'huile de coupe miscible dans l'eau. L'huile de coupe permet d'éviter la corrosion et de faciliter le démoulage en lubrifiant le moule. En immergeant le moule chaud, on diminue le temps de prise du plastique ce qui aidera également au démoulage.

Pour le démoulage, ils utilisent une tige métallique en aluminium qu'ils martèlent avec un maillet. L'aluminium est un métal très ductile (aptitude du métal à être modelé sans augmenter de volume et sans se rompre).



Comme l'aluminium est plus « mou » cela évite les rayures trop importantes lorsque la barre frotte l'intérieur du moule. Une fois amorcés, les profilés sortent du moule très facilement.

Les employés sont formés à la maintenance basique, les maintenances externes et spécialisées ne représentent que 5 à 10% des opérations. Les principaux coûts de maintenance sont liés au changement des colliers chauffants. On donne à titre indicatif le prix d'un collier de 5kW standard, 250\$. En moyenne sur un an d'activité, le jeu entier de collier est remplacé dû à des défaillances successives. Les moules, bien que de bonne qualité, sont également des pièces à renouveler. Ils ont en effet tendance à gonfler et à rouiller avec le temps. Beaucoup de moules sont stockés dans l'atelier car, pour répondre aux commandes importantes, il est nécessaire d'assurer la production d'un même type de profilé avec les 2 extrudeuses en parallèle en comptant au moins 3 jeux de 2 profilés par extrudeuse. L'entretien de la vis de l'extrudeuse est nécessaire tous les 5 à 10 ans. Elle consiste à sortir la vis, la nettoyer à la brosse métallique et si besoin d'ajouter de la matière par soudure puis de la retravailler par tournage. Un entretien complet est facturé 300\$ en Colombie.



Une fois les profilés démoulés et séchés, l'utilisation d'un chalumeau peut permettre d'obtenir un meilleur état de surface.



L'organisation du travail dans l'atelier

L'atelier et le rythme de production sont très modulables en fonction de la demande. C'est pourquoi tous les ouvriers sont assez polyvalents. Par exemple, pendant nos 3 semaines d'escaliers à Saint Domingue, nous n'aurons pas vu fonctionner la chaîne de production de plaques. Dans la matinée, les équipes se focalisent généralement sur la production de profilés. Puis dans l'après-midi ils se concentrent sur la menuiserie pour mettre en forme les produits finis. Les profilés en plastique recyclé se travaillent comme du bois. On retrouve donc des outils et éléments de visserie classiques : scie circulaire, vis à bois, charnières etc.

Dans la matinée, deux opérateurs suffisent pour faire tourner une extrudeuse, ils peuvent également prendre en charge la production de plaque en parallèle. Un troisième opérateur se concentre sur la découpe des profilés à la scie circulaire. Un quatrième opérateur s'occupe de la menuiserie toute la journée. Lors des périodes de forte activité, deux autres opérateurs s'ajoutent à l'atelier.

4. Approvisionnement en matières premières et produits finis

Approvisionnement

Capobianco transforme le PEHD (polyéthylène haute densité) et le PP (polypropylène) qui sont des plastiques durs. Il achète 85-90% de ses déchets déjà broyés, principalement du PEHD à environ 480\$/T. Moins de PP est acheté à cause de son prix qui est plus souvent élevé que celui du PEHD. Fermin nous confie que pour conserver la viabilité de ses activités il n'achètera jamais de la matière au-dessus de 500\$ la tonne. Il suit continuellement le cours du marché des déchets de manière informelle en suivant les prix chez plusieurs sources, sa principale problématique étant d'avoir un gisement sûr et de bonne qualité.

En effet, Fermin souligne l'importance qu'il porte à la qualité des gisements de déchets, le broyat acheté est issu uniquement de déchets post-industriels et jamais issu de déchets post-consommations. Les déchets sales et contaminés sont la principale source d'usure de ses machines. Par exemple, durant nos 4 semaines d'escale sur Saint Domingue, aucune plaque n'a été produite par Capobianco Soluciones car la matière première avec une qualité suffisante pour ce procédé était à un prix trop haut.

De plus, il récupère gratuitement 10 à 15% de ses déchets via un partenariat avec une entreprise de production d'huile de moteur. Ce sont des bidons/flacons de PEHD usagés et contaminés. Cela représente environ 100 tonnes par an.

L'atelier de Capobianco Soluciones est également équipé d'un déchiqueteur (60ch - 200kg/h acheté 30k\$) qui lui permet de broyer ses purges ainsi que ses chutes de menuiserie afin de transformer à nouveau la matière.

Dans le cadre du partenariat qu'il a signé en 2019 avec Proplanet, Fermin collecte 300 tonnes de tétrapack par an, qu'il expédie au centre de traitement de Proplanet en Colombie. En échange, 200 tonnes de plaques et tôles de polyaluminium lui sont renvoyées.



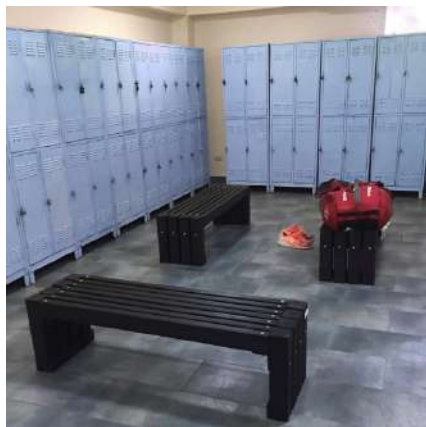
Produits finis

On y reviendra par la suite mais Fermin avait commencé par confectionner des produits semi-finis comme des plaques ou des profilés mais **avec le temps, il a évalué que c'était bien plus intéressant d'un point de vue économique de proposer des produits finis**. Il propose donc un large panel de produits qui sont des assemblages de plaques et de profilés :

|Les poubelles



|Les bancs et tables



|Barrières



|Butées de places de parking



|Façades de maison



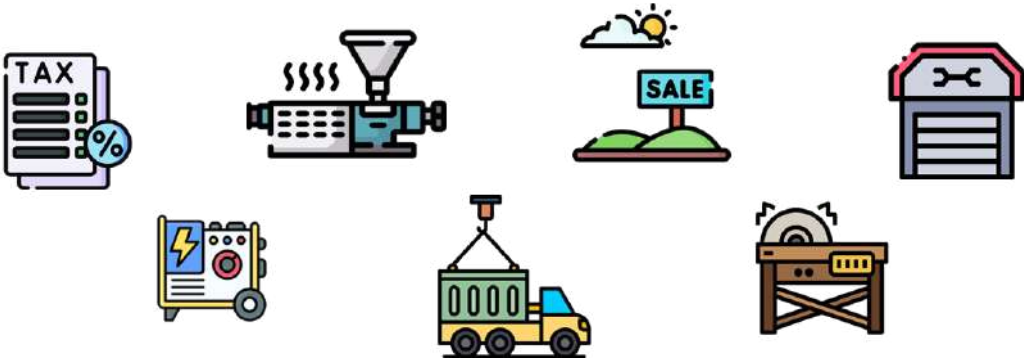
|Palettes



5. Modèle économique

Présentation de la méthodologie d'analyse coûts-revenus

Nous allons ci-dessous mener une analyse coûts-revenues sur le modèle de Capo Bianco. Cette analyse permet de donner une idée du business model de l'entreprise cependant il est difficile d'extrapoler ces chiffres car l'entreprise s'adapte beaucoup aux fluctuations de la demande et les réflexions posées ci-dessous s'éloignent un peu de la réalité du terrain et des considérations financières que tient Fermin. Il est tout de même intéressant de comparer les marges par produits ainsi que la démarche pour arriver à ces évaluations...

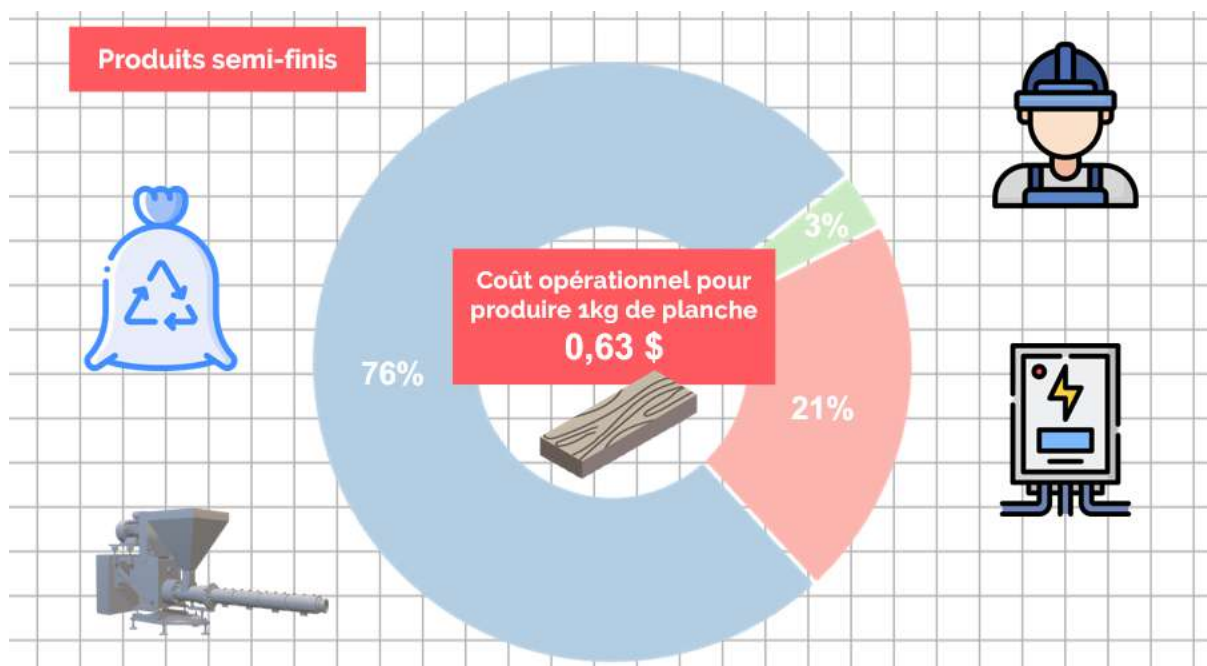
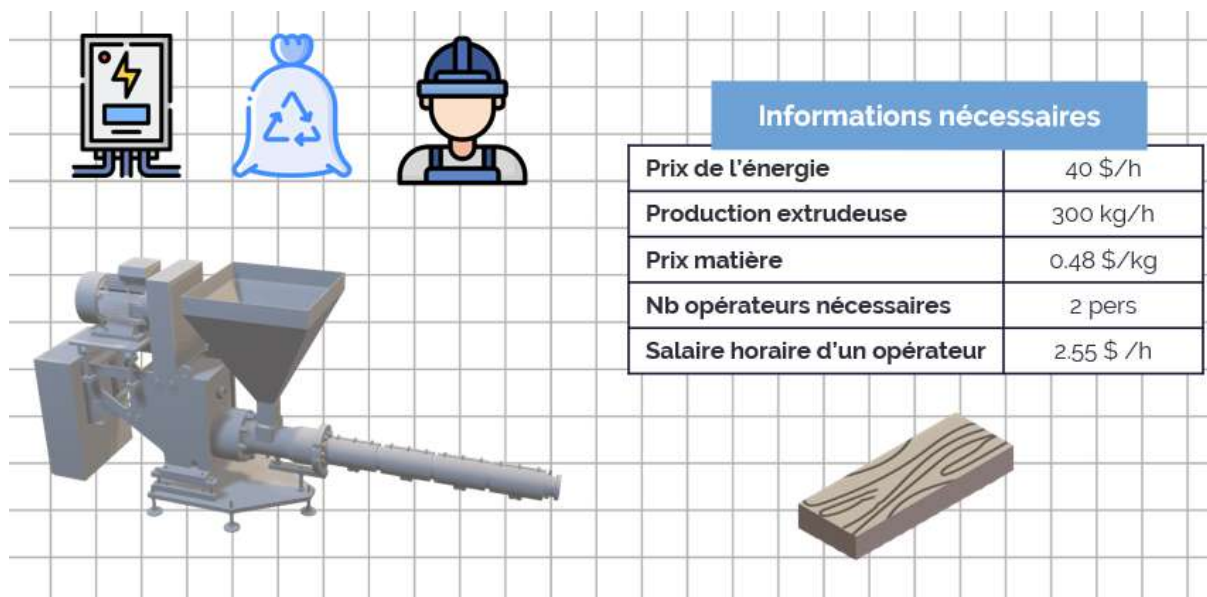


NB. : Dans un premier temps, on calcule le coût opérationnel de la production d'un kilogramme de plastique, sans prendre en compte l'amortissement des machines des moules ainsi que les autres coûts fixes illustrés ci-dessus et des moules.

Pour faire cela, on ramène dans un premier temps tous les coûts à un coût par unité d'heure de production. Avec la capacité de production des extrudeuses on peut ensuite faire le lien avec le coût d'un kilogramme de profilé extrudé. Ici on fera l'hypothèse simplificatrice qu'aucune perte de matière n'a lieu du broyat au produit fini, bien que suivant les produits et les dimensions des profilés attendus, la menuiserie peut amener à une proportion de chutes non négligeable.

Dans un second temps, on évaluera les coûts liés aux opérations de menuiserie de façon séparée pour trois produits : une poubelle, un banc et une butée de parking.

Coût de production du produit semi-fini profilé

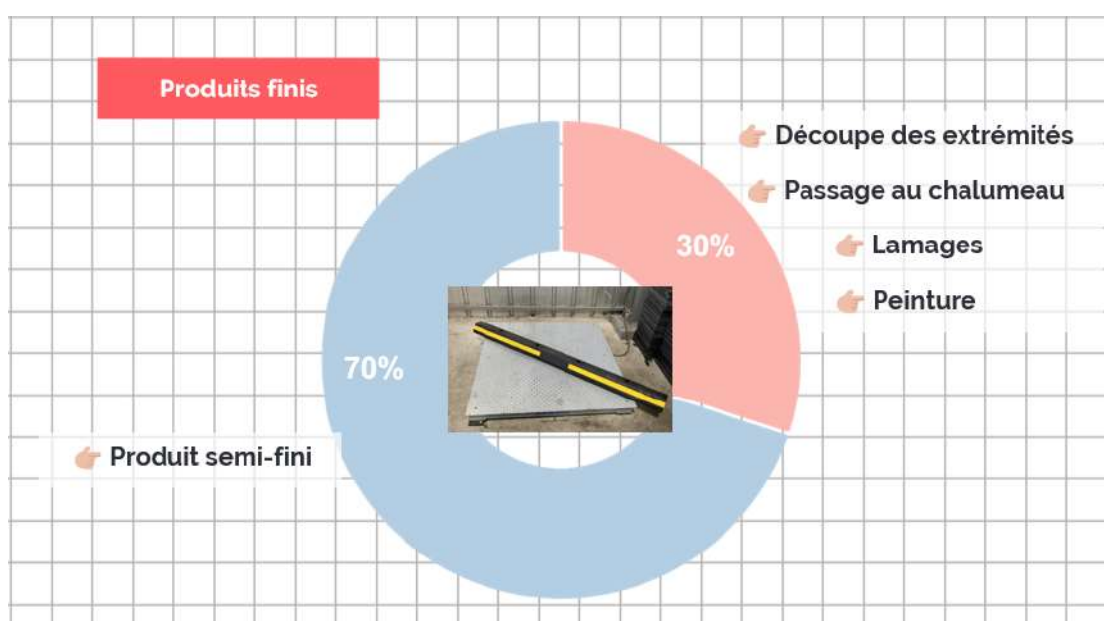
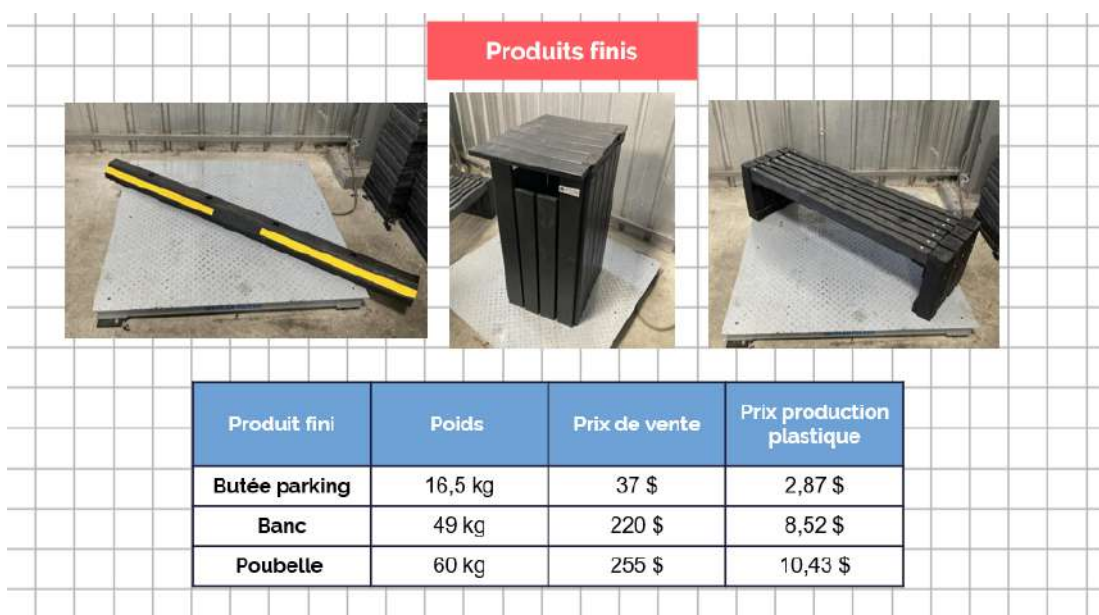


En termes de répartition des coûts, 3% des coûts correspondent donc à la main d'œuvre, 21% à l'énergie et 76% au gisement plastique. **Pour rappel, cela ne prend pas en compte les frais de structure mais uniquement le coût opérationnel immédiat.**

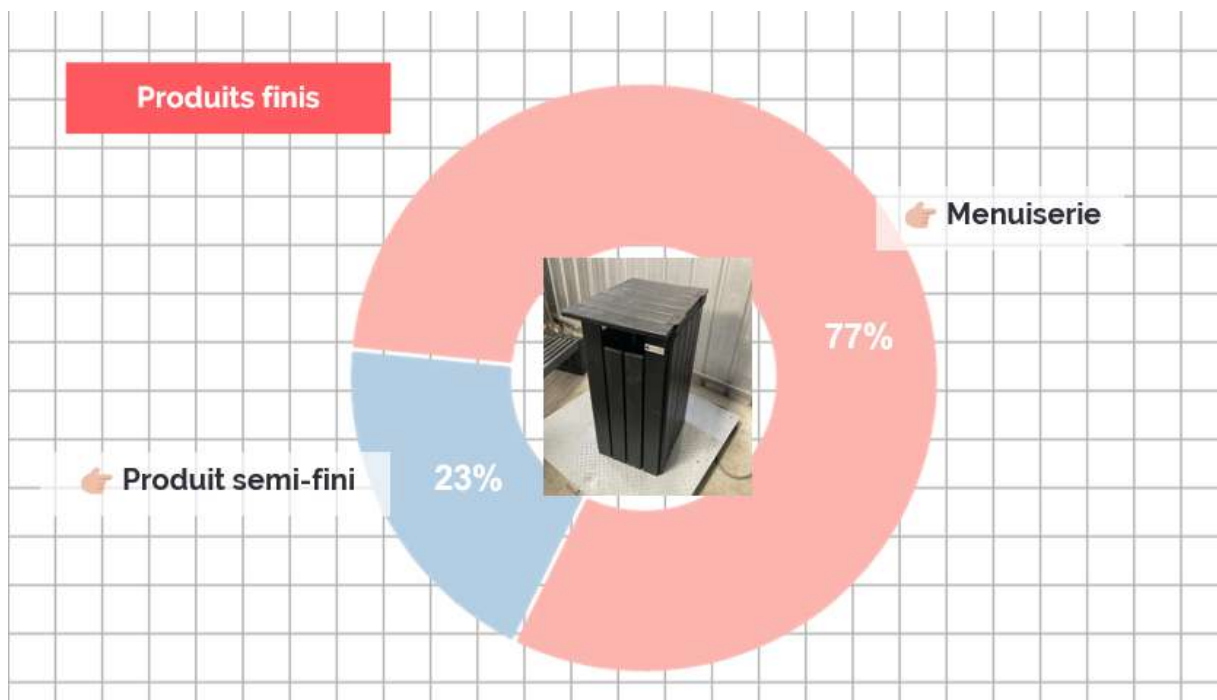
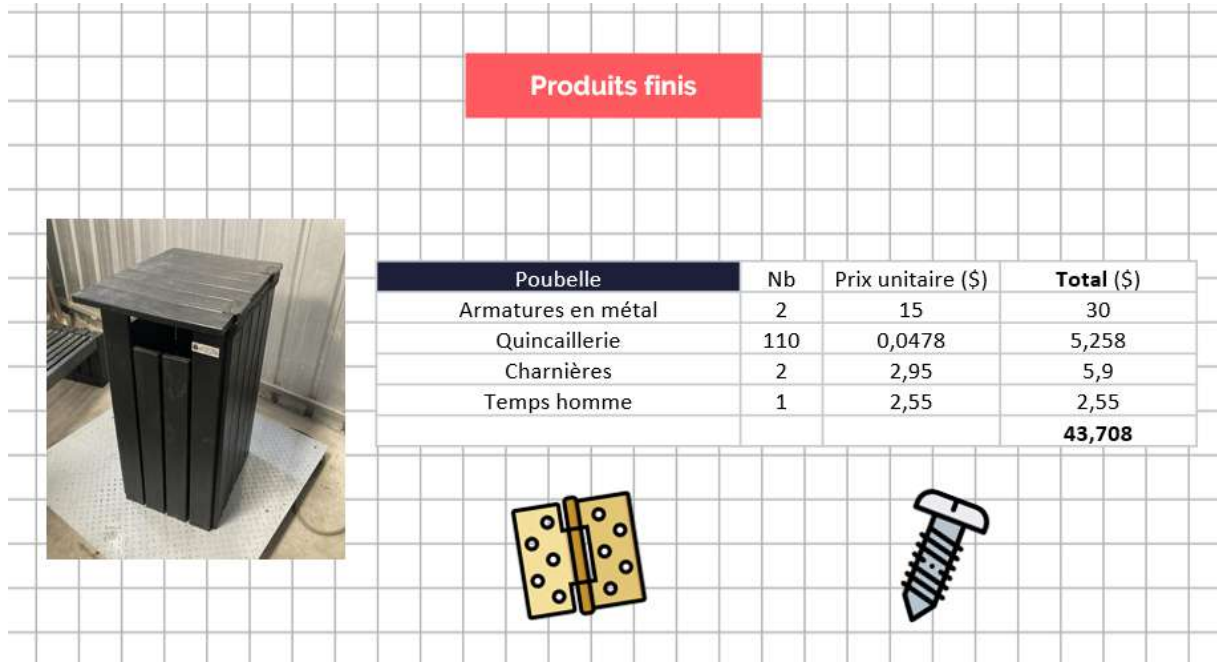
Coûts de production liés à la menuiserie

Pour compléter notre analyse, au vu de la typologie des produits finis, on ne peut pas omettre les coûts liés à la menuiserie. Il nous est difficile de savoir exactement le temps de menuiserie nécessaire pour chaque produit mais nous essaierons de l'approcher. L'objectif ici est de dégager des ordres de grandeur et de pousser une méthodologie.

On doit également approcher les coûts des pièces métalliques tel que l'armature métallique, la quincaillerie, les charnières etc. Pour simplifier on considérera comme inchangé le poids de plastique recyclé.



La butée de parking très répandue en Amérique latine est le produit fini qui nécessite le moins de travaille de menuiserie. Les coûts liés au recyclage du plastique sont donc toujours prépondérants.

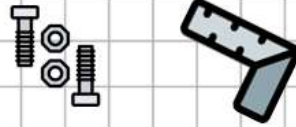


Ici les opérations de menuiserie sont beaucoup plus importantes et les pièces en métal utilisées représentent une grande partie des coûts de fabrication.

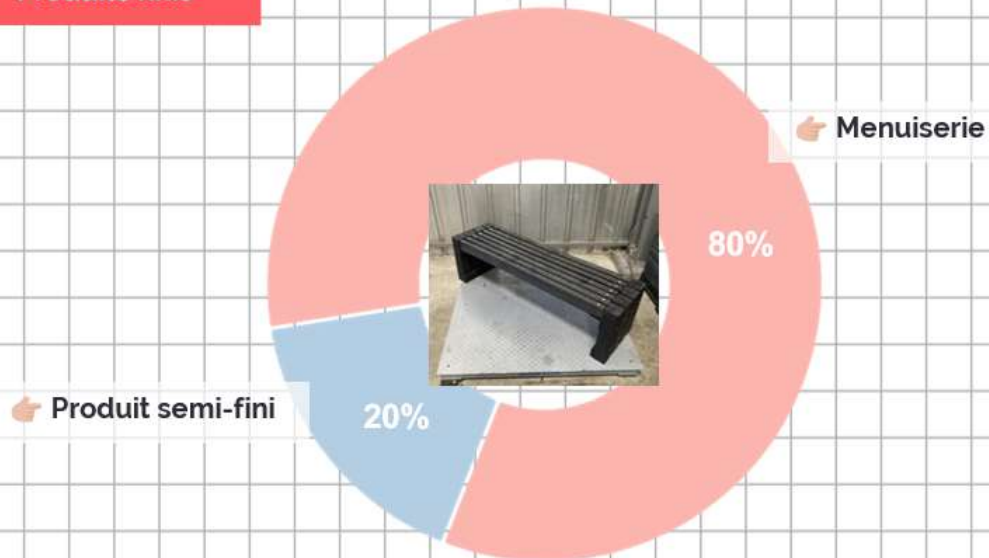
Produits finis



Banc	Nb	Prix unitaire (\$)	Total (\$)
Découpe profilés	17		
Vis à bois L60	16	0,09	1,44
Boulon L100	22	0,87	19,11
Equerre	2	10	20
Temps homme	1	2,55	2,55
			43,10



Produits finis



Le banc a une typologie un peu similaire à celle de la poubelle.

6. Conclusion

L'approvisionnement en matière première occupe une place centrale dans le processus de fabrication des sous-produits au sein de l'entreprise Capobianco Soluciones. Ce poste de dépense prépondérant souligne l'importance stratégique de la gestion efficace des ressources premières pour optimiser les coûts de production. En effet, la nature des matières premières utilisées peut influencer directement la rentabilité globale de l'entreprise.

Parallèlement, l'entreprise a établi une corrélation significative entre le temps de menuiserie et le temps nécessaire au recyclage des déchets en produits semi-finis. Cette relation souligne la cohérence entre les opérations de fabrication et les processus de recyclage, indiquant une intégration intelligente des flux de production. Le temps de recyclage des déchets est ainsi optimisé pour correspondre au temps nécessaire à la menuiserie, renforçant l'efficacité globale de la chaîne de production.



Au vu des coûts associés à ces deux aspects cruciaux du processus de fabrication, Capobianco Soluciones s'est positionnée comme une entreprise de recyclage autant que de menuiserie. La répartition des coûts de production ainsi que du temps de travail souligne cette double compétence de Capobianco Soluciones et lui confère une position plus avantageuse sur le marché que s'il se limitait aux produits semi-finis.



C'est maintenant à vous de jouer, appropriez-vous ces connaissances et appliquez-les à l'environnement autour de vous.