



# JOUETS EN MATIERE BIOSOURCÉE, QUELLES PERSPECTIVES ?

VEILLE TECHNOLOGIQUE

Rapport final

BARBOU Benoit  
FRÉVILLE Emilien  
ROZES Clément  
03/06/2020

## Table des matières

<b><i>Introduction</i></b> .....	<b>2</b>
<b><i>Définition et contours du sujet</i></b> .....	<b>3</b>
<b><i>Caractéristiques techniques d'un jouet</i></b> .....	<b>4</b>
<b>Caractéristiques physiques/mécaniques des jouets - Cahier des charges</b> .....	<b>4</b>
<b>Quels matériaux pour les jouets actuels ?</b> .....	<b>5</b>
Plastiques pétro sourcés .....	5
Carton.....	6
Bois .....	7
Les bioplastiques.....	8
<b>Procédés de fabrications principaux</b> .....	<b>9</b>
<b><i>Impact et limites du jouet</i></b> .....	<b>12</b>
<b>Impact sur la santé</b> .....	<b>12</b>
<b>Impact environnemental</b> .....	<b>13</b>
<b><i>Analyse économique</i></b> .....	<b>14</b>
<b>Caractérisation des marchés</b> .....	<b>14</b>
Marché en amont.....	15
Marché en aval .....	16
<b>Analyse de l'environnement économique</b> .....	<b>17</b>
<b>Diagramme de Porter</b> .....	<b>19</b>
<b>Chaine de valeur</b> .....	<b>20</b>
<b><i>Perspectives d'évolution</i></b> .....	<b>20</b>
<b>Diagnostic SWOT</b> .....	<b>20</b>
Variables essentielles .....	21
Facteurs de développement.....	21
Principaux acteurs.....	22
Matrice SWOT.....	22
<b>Élaboration de scénarios</b> .....	<b>23</b>
Scénario pessimiste .....	23
Scénario tendancielle .....	23
Scénario optimiste.....	24
Analyse des risques .....	24
<b><i>Conclusion</i></b> .....	<b>25</b>
<b><i>Bibliographie</i></b> .....	<b>26</b>
<b><i>Table des illustrations</i></b> .....	<b>28</b>

## Introduction

Les jouets existent depuis toujours, au départ inventé par les parents pour distraire les enfants. Un jouet est un objet dont la fonction principale est de permettre le jeu. Il en existe une multitude. À la base destinée aux enfants, ils peuvent être aussi à destination des adultes ou même des animaux. Les jouets peuvent être de tous types, allant du jeu de construction jusqu'au casse-tête en passant par des miniatures de toutes sortes (poupées, véhicules, animaux...) et des jouets sportifs comme les ballons. Les jouets les plus anciens retrouvés par des archéologues remontent à la préhistoire et sont majoritairement des miniatures en bois de choses existantes, comme des poupées ou des animaux.

Cependant, leur forme n'a cessé d'évoluer au cours du temps. D'abord, sculptés dans du bois ou fait avec du tissu, au XVIII<sup>e</sup> siècle, sous le règne de Napoléon, les soldats en plomb ou en étain virent le jour. Mais ce n'est qu'après le XIX<sup>e</sup> siècle que les jouets se diversifient et prennent des formes plus complexes et plus soignées. Au cours de la révolution industrielle, de nombreux domaines se développent et le secteur du jouet n'y échappe pas. En effet, on voit l'apparition de nouveaux jouets comme les petites voitures, construites par les fabricants de vraies voitures pour promouvoir leur marque, ou encore les petits trains. Après la première guerre mondiale, naissent les premiers magasins de jouets qui permettent à tout le monde d'acheter de quoi occuper les enfants.

La plus grosse expansion du secteur des jouets a lieu lors de la troisième révolution industrielle avec l'apparition du plastique. En effet, ce dernier propose une multitude de possibilités afin de réaliser des jouets pas chers et faciles à mettre en forme grâce aux progrès de la chimie et de la pétrochimie. Mais il est intéressant de noter que le premier jouet en plastique, un poupon baigneur, est apparu, en 1877, avec l'invention du Celluloïd, un polymère à base de nitrate de cellulose et de camphre, donc biosourcé. En effet, les premiers matériaux plastiques sont issus de la cellulose, mais devant leur très haute inflammabilité, venant du nitrate de cellulose, ils seront remplacés par des plastiques pétrosourcés moins chers et moins dangereux. L'apparition des plastiques marquent un réel changement dans le secteur du jouet car ces matériaux, une fois chauffés et durcis conservent leur forme initiale. Le pétrole étant très bon marché, l'industrie du jouet pouvait alors s'emparer de ces nouveaux matériaux qui à partir d'un même moule permettait de fabriquer en très grande série le même jouet.

Au cours du temps, il y a eu une évolution de la fonction du jouet, qui était au début à but purement ludique, il peut être aujourd'hui à but plus éducatif, que ce soit pour les enfants ou les adultes. Depuis le XXI<sup>e</sup> siècle, de nouveaux types de jouets sont en plein essor, comme les jouets connectés. Il s'agit de jouets capables de communiquer des informations diverses à un autre objet ou à internet. Ils peuvent être ainsi contrôlés à distance ou recevoir des informations pour répondre à des questions. Ils sont évidemment d'une complexité bien plus importante que les jouets "traditionnels".

De nos jours, notamment grâce à la notion d'écologie, on porte davantage d'intérêt à refaire des jouets biosourcés, et non pétrosourcés, en carton, papier, bois ou bioplastiques. En plus de la notion écologique, le remplacement des jouets en plastiques pétrosourcés par des jouets en plastiques biosourcés est-il réellement viable ?

## Définition et contours du sujet

### **Jouets en matières biosourcés, quelles perspectives ?**

Il convient de définir plus précisément les termes du sujet. Le mot principal dans ce sujet est le mot “jouet”, la fonction principale du jouet étant le divertissement. L'étude porte donc sur les jouets, or dans la partie historique une évolution claire a été constaté de celui-ci, en termes de matériau et de sa fonction. Il s'agit ici de s'intéresser à la continuité de son évolution. Cela se traduit par les mots “matière biosourcé” et “perspective”. Deux notions se présentent : d'abord le choix d'un nouveau matériau pour les futurs jouets : un matériau biosourcé. Un matériau est dit biosourcé s'il est issu de la biomasse végétale ou animale. En ce qui concerne les jouets seuls ceux en plastiques biosourcés, synthétisés principalement grâce à la biomasse végétale et/ou des bactéries seront considérés. Il est ensuite question de perspectives, c'est à dire, les jouets fabriqués dans des matières biosourcés ont-ils un avenir ? Seront-ils économiquement viables ? Répondront-ils aux exigences des industriels ? à celles de consommateurs ? Pourront-ils remplacer les plastiques pétrosourcés aux propriétés uniques ? Voilà ce qui se cache derrière les termes de ce sujet.

Cependant le monde des jouets est un univers extrêmement large, et pour ne pas s'y perdre les contours du domaine d'étude seront définis.

Un jouet est dit biosourcé si la matière première de ses composants est issue de la biomasse. Donc nos grands-parents connaissaient déjà les jouets biosourcés quand ils jouaient avec des voitures en bois, ou assemblaient un puzzle dont les pièces sont en carton. Les matières “historiques” des jouets comme le carton et le bois seront utilisées uniquement à titre de comparaison. Ils ne seront pas au cœur du sujet, mais dans son contour. De plus les premiers plastiques en celluloid ne seront pas étudiés à cause de leur dangerosité avérée.

La composition des jouets réunit de nombreux matériaux différents. Ces différentes matières plastiques sont parfois assemblées par des vis en métal, ou alors simplement collées. Il peut y avoir du tissu fabriqué avec des fibres de polyester pour un poupon par exemple, et si le constructeur souhaite que sa poupée parle, il faut dès lors des composants électroniques, comme des piles qui seront sûrement à base de lithium. Cette poupée pourrait interagir avec un smartphone pour être commandée ou programmée à partir d'une application.

L'univers du jouet est incroyablement vaste, à l'image de l'imagination des enfants, il est possible de tout inventer. Le but n'est donc pas ici de réfléchir à un jouet qui soit 100% biosourcé, mais de trouver des solutions pour remplacer le composant essentiel de ces jouets : le plastique. Inutile donc de s'intéresser aux autres constituants périphériques, ou utile à l'assemblage comme les colles, les vernis, les tissus, les piles ou tout genre de circuits électriques. Ce serait déjà une formidable avancée d'utiliser uniquement des plastiques biosourcés et non pétrosourcés.

Mais alors, quels jouets en particulier sont concernés ? Ce sujet souhaite englober un maximum d'applications. Cela s'applique donc aux jouets traditionnels comme les briques LEGO® ou les figurines Playmobil®, mais aussi à toutes les pièces utilisées dans la fabrication d'objets connectés, comme les boîtiers des consoles et manettes de jeux vidéo par exemple. En résumé, tout objet répondant à la définition de jouet et étant composé de matière plastique pouvant être remplacée par un bioplastique, est susceptible de rentrer dans cette étude.

Ainsi, cette étude rassemble les principales informations pour répondre à la problématique : le remplacement des jouets pétrosourcés par des jouets biosourcés est-il viable ?

Les différents matériaux seront étudiés sur le plan technique comme la composition, la fabrication, et les procédés de transformation. L'étude de l'impact environnemental des anciens et nouveaux jouets, et l'impact sur la santé humaine sera menée. Enfin une étude économique sera réalisée.

## Caractéristiques techniques d'un jouet

### Caractéristiques physiques/mécaniques des jouets - Cahier des charges

L'élaboration d'un cahier des charges est primordiale dans l'élaboration de chaque projet, ici, la conception d'un jouet. Tout d'abord, il doit satisfaire sa fonction principale : divertir son utilisateur. Le divertissement est une notion très subjective qui est propre à l'utilisateur lui-même. Un jouet amusant pour un enfant ne l'est peut-être absolument pas pour son voisin. Aussi, il est très important de cibler un secteur du jouet : par exemple des figurines types Playmobil® ou des jeux de construction type Lego®.

Une fois que le type de jouet est choisi, certaines exigences doivent être satisfaites :

- Des exigences de sécurité et de santé
- Des exigences d'utilisation
- Des exigences physiques
- Des exigences de coûts
- Des exigences de fin de vie

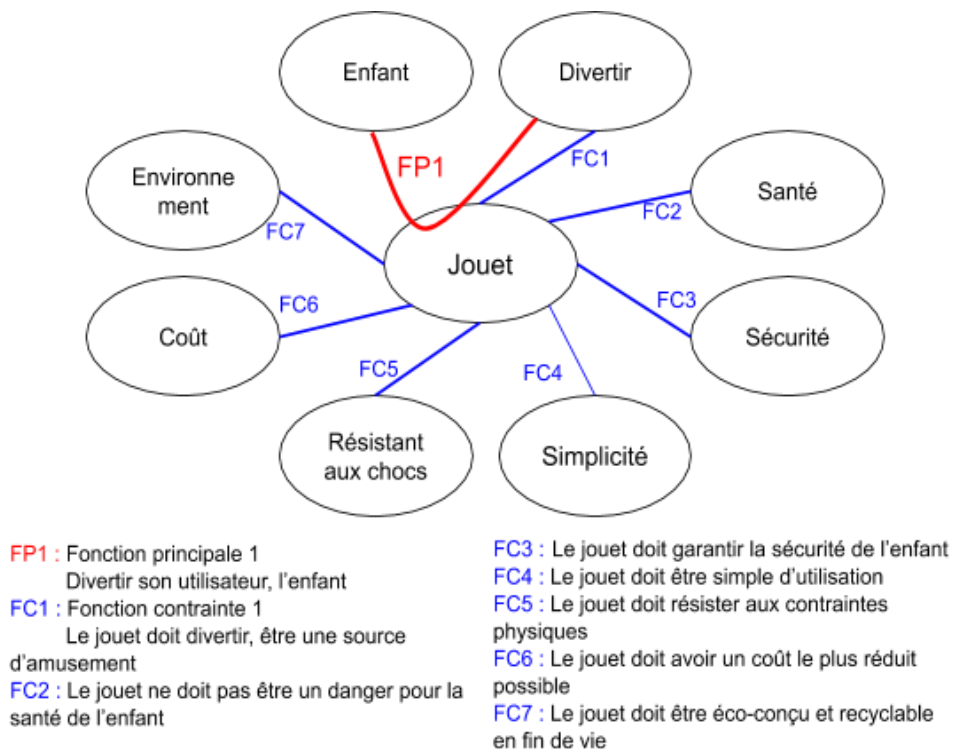


Figure 1 : Diagramme des exigences d'un jouet

À partir du diagramme précédent, le cahier des charges paraît clair. Le jouet doit répondre à toutes ces exigences. Le sujet de cette étude se concentre, en plus des autres contraintes, sur l'écoconception du jouet et son cycle de fin de vie. Les enjeux liés à la protection environnementale étant une priorité dans la société actuelle, les exigences liées au coût du produit par exemple paraissent donc secondaires. En effet, la majorité des jouets est actuellement conçue en plastique. Ce matériau pétrosourcé a l'avantage, par rapport aux polymères concurrents biosourcés, d'être très peu cher.

Ces exigences sont extrêmement liées aux matériaux choisis pour le jouet. Il faut donc trouver un matériau biosourcé résistant qui ne contient aucune substance dangereuse pour l'enfant. La mise

en forme de ce matériau permettra de satisfaire les exigences FC3 et FC4, pour une conception d'un jouet simple d'utilisation qui ne présente pas de danger pour les enfants (pas de petites pièces qui puissent être avalées par les enfants en bas âge).

## Quels matériaux pour les jouets actuels ?

Actuellement, la majorité des jouets est fabriquée avec des plastiques pétrosourcés. Cependant, d'autres matériaux sont aussi utilisés comme le carton, le bois et plus récemment les bioplastiques.

### Plastiques pétrosourcés

Les plastiques pétrosourcés sont à l'honneur dès l'après-guerre grâce aux progrès majeurs de l'industrie pétrochimique. On voit alors les plastiques thermodurcissables se généraliser. Ces polymères, sous l'effet de la chaleur, se solidifient et se rigidifient de façon immuable. Le Celluloïd, utilisé pour le poupon baigneur, jugé dangereux de par son extrême inflammabilité laisse place au vinyle qui imite mieux la peau avec une texture plus douce. On utilise alors aussi le polystyrène et le polyéthylène qui sont très résistants pour fabriquer des jouets tels que les dinettes. Aujourd'hui, 90% des jouets sont fait à partir de plastiques pétrosourcés. Actuellement, ce matériau pose un problème car il est très difficile à recycler. C'est d'ailleurs tout l'enjeu de l'apparition des bioplastiques qui fourniraient une alternative plus facilement valorisable en fin de vie.

#### 1. Les polypropylènes (PP).

Le polypropylène est le polymère le plus utilisé dans l'industrie du jouet notamment pour fabriquer des jeux éducatifs d'extérieur et d'intérieur. Il présente de nombreux avantages. Il est bon marché (1300€/t), inodore, non toxique, indéchirable, très résistant à la fatigue et à la flexion, densité faible de 0,9, allongement à la rupture supérieur à 200% et recyclable si l'on n'y ajoute pas trop d'additifs.

Il est cependant cassant à faible température (température de transition vitreuse proche de la température ambiante), sensible aux UV, difficile à coller et moins résistant à l'oxydation que le polyéthylène. Sa plage de température d'utilisation est -20 à 95°C.

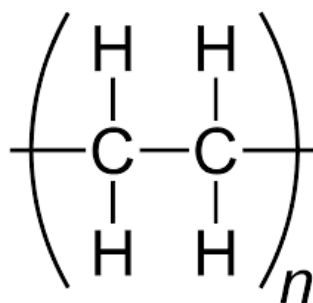


Figure 2 : Motif monomère du polypropylène

#### 2. Les polyéthylènes (PE)

Le polyéthylène est le second polymère le plus utilisé, il est thermoplastique et sert pour fabriquer des jouets d'extérieurs de grand volume, des poupées, des téléphones ou encore des jouets gigognes. Il a des avantages par rapport au polypropylène comme une température de transition

vitreuse de  $-110^{\circ}\text{C}$  qui lui permet d'être beaucoup moins cassant que le PP. Il est aussi plus résistant aux UV, souple et incassable. Il est aussi bon marché (1200€/t) et 100% recyclable.

Il a aussi quelques inconvénients comme la difficulté à coller ou la mauvaise tenue à la chaleur. Il est à peine plus dense que le PP, 0,92 pour le basse densité et 0,95 pour la haute densité. Sa plage de température d'utilisation est  $-20$  à  $95^{\circ}\text{C}$ .

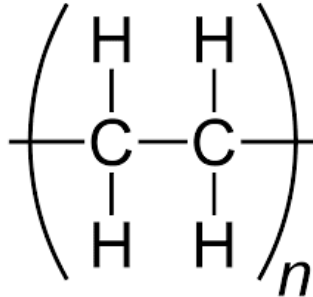


Figure 3 : Motif monomère du polyéthylène

### 3. Les polystyrènes (PS)

Le polystyrène est aussi un polymère thermoplastique utilisé dans l'industrie du jouet pour faire des mallettes de jeux de société, des éléments et structures de jouets (grue, garage, dinette...), des hochets ou encore des puzzles. Contrairement aux deux premiers polymères, il est transparent. Il présente une bonne rigidité, un bel aspect de surface brillant qui peut être très intéressant pour les jouets.

Il a cependant une mauvaise tenue en température et une mauvaise résistance chimique et est cassant (1).

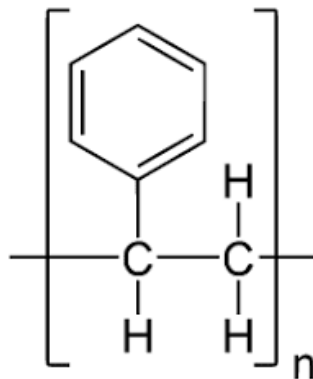


Figure 4 : Motif monomère du polystyrène

### Carton

Dans le milieu du jouet, le carton se retrouve surtout dans les puzzles, les plateaux de jeux de sociétés, les jeux de cartes et les boîtes et emballages. Un jouet en carton à proprement parlé n'est pas vraiment viable sur le marché. En effet, par rapport à ces principaux concurrents qui sont les plastiques et le bois, ils sont très peu résistants, très difficiles à mettre en forme. La place majeure du carton dans l'industrie du jouet est donc surtout dans le packaging, ce qui n'est pas vraiment l'objet de l'étude.

L'apparition des objets connectés, des tablettes, smartphones, consoles de jeux ont grandement impacté l'industrie du jouet, notamment celle des jeux de société, qui ont vite été dépassés. Cependant, leur place sur le marché reste non négligeable. Pour un plateau de jeu ou un

puzzle, les exigences sont nettement diminuées. En effet, la résistance du matériau n'est plus vraiment une résistance mécanique mais une résistance temporelle. Un jouet de ce type se doit d'avoir une durée de vie prolongée. Le carton utilisé la plupart du temps pour ce type d'utilisation est un carton plat imprimé, qui peut être traité résistant à l'humidité. Les cartes à jouer sont souvent imprimées puis plastifiées pour résister aux graisses, à l'humidité des doigts qui les manipulent. Les puzzles, quant à eux, rassemblent des personnes de tout âge. Il en existe de multiples sortes, avec différents niveaux de difficulté, mais sont moins présents sur le marché que les figurines ou autres.

Les avantages du carton sont globalement les mêmes que le bois. Étant issu de l'industrie papetière et majoritairement composé de cellulose, le carton est en effet biosourcé, biodégradable, facilement recyclable et valorisable en fin de vie. Son processus de fabrication est maîtrisé depuis très longtemps, et nettement optimisé pour réduire les coûts énergétiques et les déchets de matières premières. Il est facile à imprimer, léger (densité d'environ 0,42), et possède des propriétés physiques plus que satisfaisantes (on peut estimer le module d'élasticité de la fibre de cellulose à 10-40 GPa). Il contient néanmoins souvent des colles qui le rendent plus complexe à recycler que le papier simple (2).

## Bois

Historiquement, les premiers jouets étaient conçus en bois. Ce matériau est un tissu végétal rigide, composé majoritairement de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine. D'un point de vue mécanique, il est particulièrement performant (voir *Figure 5*). Il existe deux grandes variétés de bois : les bois feuillus et les bois résineux. L'utilisation d'un tel matériau est très intéressante car il regroupe une grande variété d'essences différentes, qui permettent d'adapter son matériau à l'utilisation qu'on en fait. Son coût modéré (environ 4€/kg) et ses propriétés mécaniques élevées font du bois en général un matériau très fiable, utilisable dans de nombreux domaines.

De plus, son origine végétale en fait un matériau biosourcé et biodégradable. Des Labels existent pour certifier l'origine du bois (PEFC, FSC qui certifie que le bois est issu de forêts durablement gérées). Si sa production est issue de forêts durables et éco-gérées, l'utilisation du bois permet, en plus de respecter la nature, d'agir pour le développement durable et de combattre le réchauffement climatique. En effet, grâce à la photosynthèse, les forêts sont des puits de carbone naturels. La fin de vie d'un jouet est un réel problème dans la société actuelle où le traitement des déchets est un réel enjeu. Les déchets liés à la fabrication du bois, et les produits en fin de vie sont valorisables, comme matière secondaire ou comme source d'énergie.

D'un point de vue environnemental, les produits issus du bois, si leur origine est certifiée et s'ils ne sont pas traités avec des produits toxiques, ont un réel avantage sur les produits issus de plastiques pétrosourcés.

Par rapport au cahier des charges, le bois permet d'obtenir un jouet qui est sans danger pour la santé. Sa conception et son mode de fabrication qui est le plus souvent de la sculpture et de l'assemblage en font souvent un jouet simple d'utilisation, sans danger pour les enfants. On regroupe dans le tableau suivant quelques valeurs de résistances mécaniques, en fonction de l'essence du bois :



<b>Caractéristiques</b>	<b>Feuillus (densité moyenne = 0,65)</b>	<b>Résineux (densité moyenne = 0,45)</b>
<b>Modules d'élasticité (en MPa)</b>		
$E_L$ Longitudinal	14 400	13 100
$E_R$ Radial	1 810	1 000
$E_T$ Tangentiel	1 030	636
$E_L / E_R$	8	13
$E_L / E_T$	14	21
$E_R / E_T$	1,8	1,6
<b>Modules de cisaillement (en MPa)</b>		
$G_{TL}$	971	745
$G_{LR}$	1 260	861
$G_{RT}$	366	84
$G_{LR} / G_{RT}$	3,5	8,9
$G_{TL} / G_{RT}$	2,6	10,3

Figure 5 : Caractéristiques mécaniques du bois (3)

L'inconvénient d'un jouet en bois est justement sa simplicité. En effet, les plastiques dans le milieu du jouet sont dominants car leur mode de mise en forme permet de concevoir des jouets avec des détails surprenants en grande quantité. Le bois est, quant à lui, plus compliqué à mettre en forme. L'obtention de détails aussi précis que les jouets en plastiques est très complexe et beaucoup plus long (3). De plus, pour le produit fini, le bois doit être peint, ce qui rajoute une étape au processus de fabrication, contrairement aux plastiques qui sont teint dans la masse.

### Les bioplastiques

Le terme bioplastique désigne à la fois des plastiques biosourcés et des plastiques biodégradables. Un plastique biosourcé n'est pas forcément biodégradable et inversement. Un matériau est dit biosourcé lorsqu'il est produit à partir la biomasse végétale ou animale alors qu'un matériau biodégradable est un matériau qui peut être décomposé par des organismes biologiques dans un environnement favorable. Il est important de remarquer que des polymères à la base pétrosourcés peuvent aussi être synthétisés à partir de matériaux non fossiles. C'est le cas du PE et du PP qui peuvent être polymérisés à partir de cannes à sucre, de céréales ou d'algues. Ils conservent les mêmes propriétés tout en étant biosourcés mais ne sont pas pour autant biodégradables.

À partir de la biomasse, il est aussi possible de fabriquer de nouveaux polymères avec des propriétés distinctes. Les nouveaux biopolymères les plus utilisés pour la fabrication de jouets sont le PLA et le PHA, qui sont tous deux biodégradables.

## 1. Le PLA

L'acide polylactique (PLA) est un matériau biosourcé et biodégradable issu de la biomasse. Il est caractérisé par une très haute rigidité et d'excellentes propriétés optiques car il est naturellement brillant (130 à 60°) ce qui peut être un vrai plus pour certains jouets. De plus, il a une énergie de surface élevée, autour de 40 mJ/m<sup>2</sup>, qui lui permet d'être facilement imprimable et d'avoir des affinités avec différentes peintures.

Il est comme le polystyrène, très cassant sous sa forme pure car il a une température de transition vitreuse autour de 60°C. Avec une densité de 1,25, il est plus dense que les polymères précédents. Il a une elongation à la rupture de seulement 5%, nettement plus faible que le PE ou le PP (>200%), sa flexibilité est donc très limitée (4).

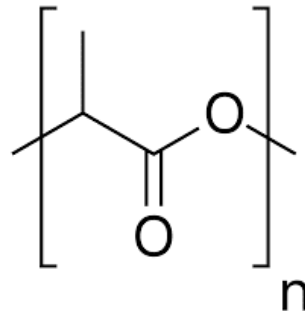


Figure 5 : Motif monomère du PLA

## 2. Le PHA

Les polyhydroxyalcanoates (PHA) sont des polyesters obtenus par fermentation bactérienne qui sont à la fois biosourcés et biodégradables. Ils sont synthétisés par des microorganismes. Ces polymères sont intéressants car en jouant sur la nature des microorganismes il est possible d'ajuster leurs propriétés physicochimiques comme leur souplesse, leur transparence ou leur cristallinité. Les propriétés des PHA changent en fonction de la longueur des chaînes latérales : plus elles sont courtes, plus les PHA sont rigides, cassants, cristallins et plus elles sont longues, plus les PHA sont souples, extensibles et flexibles. L'application pour les jouets est donc très intéressante car on peut trouver de nombreuses propriétés différentes (5).

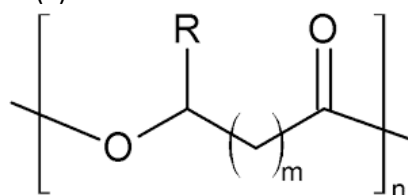


Figure 6 : Motif monomère du PHA

## Procédés de fabrications principaux

Dans cette partie, le but est d'expliquer les principaux procédés de mises en forme des polymères bioplastiques. Les procédés de fabrication des plastiques pétrosourcés et biosourcés sont quasiment identiques.

### Moulage par compression

Le principe est de mélanger un plastique thermodurcissable avec des charges, adjuvants, colorants, dans une extrudeuse. Le tout est ensuite mis sous forme de granules ou de bandes, pour être ensuite thermoformé. Le schéma suivant résume le procédé (6).

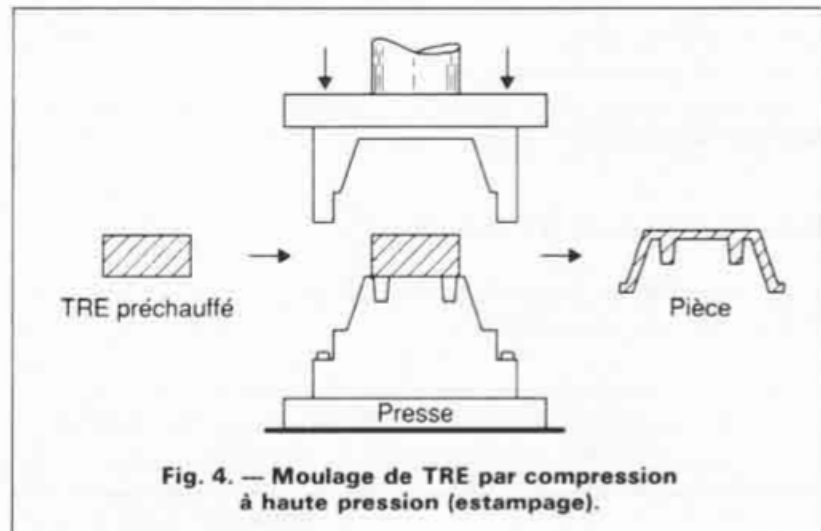
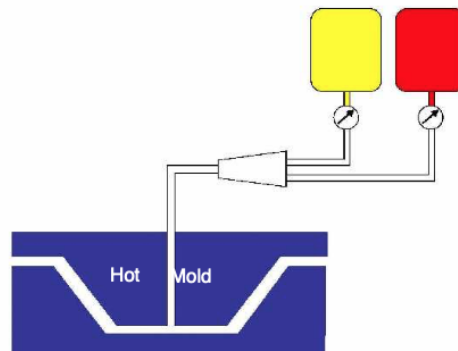


Figure 7 : Schéma du principe de fonction du moulage par compression

### Moulage par transfert

Dans ce procédé, le plastique est d'abord fondu, puis il est injecté dans un moule préchauffé. (7)



- Taux de fibre élevé (60%)
- Excellente imprégnation du renfort
- Faible pression et basse température
- Pas d'émission COV (moule fermé)
- Production de pièces à géométrie complexe

Figure 8 : Schéma du principe de fonctionnement du moulage par transfert de matière

### Moulage par injection

Les granulés de polymère sont insérés dans la vis sans fin de l'extrudeuse. Les granules sont chauffés et subissent des contraintes de cisaillement de plus en plus importantes à mesure de leur avancée. On peut ajouter des charges ou des adjuvants dans le parcours, ou combiner deux types de plastique. À la sortie de l'extrudeuse, les polymères ont atteint leur température de transition vitreuse, la résine est injectée dans le moule. (8)

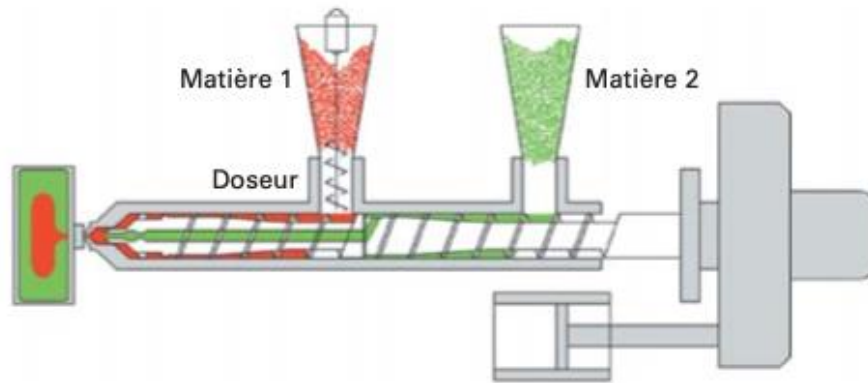


Figure 9 : Principe de fonctionnement du moulage par injection

### Rotomoulage

Cette technique peut s'appliquer pour les grosses pièces en plastiques comme les cabanes en plastiques. Des granulés de polymère sont insérés dans un moule. Celui-ci est placé dans un four, et est tourné dans tous les sens. Les granulés fondent et prennent la forme du moule en se répartissant sur toute la surface. (9)

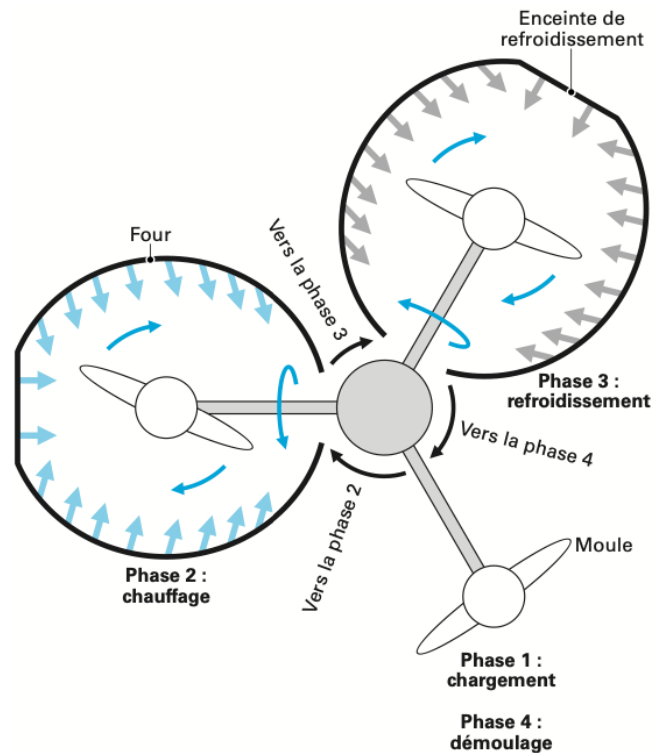


Figure 10 : Schéma du principe de fonctionnement du rotomoulage

Voici une répartition des pièces fabriquées par rotomoulage. Aux États-Unis cela représente presque la moitié des pièces de jouets.

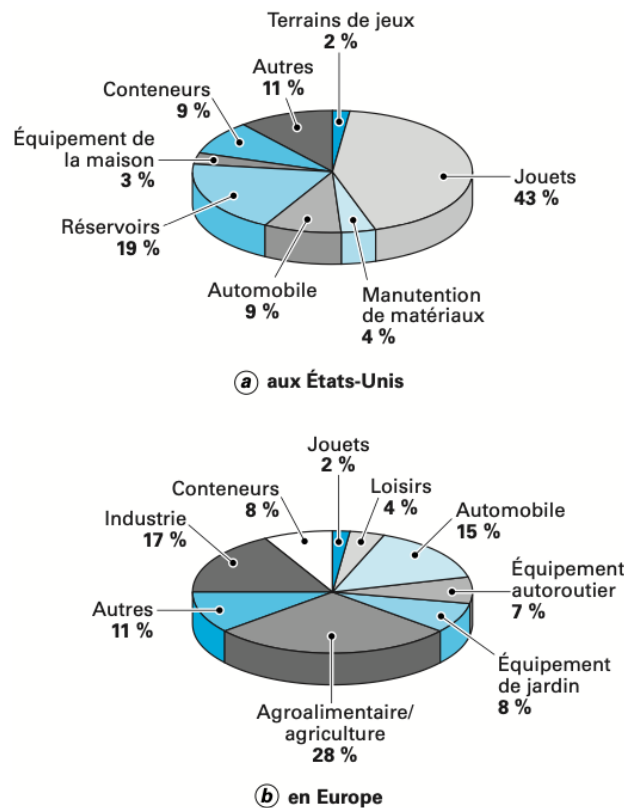


Figure 11 : Répartition des pièces fabriquées par rotomoulage (10)

## Impacts et limites du jouet

### Impact sur la santé

#### Précautions générales

Chaque année la DGCCRF (la direction générale de la concurrence de la consommation et de la répression de fraudes, filiale du gouvernement français) établit un rapport de contrôle de sécurité des jouets. En 2018, sur 825 jouets analysés, 16% ont été reconnus non-conformes. Cette enquête s'effectue sur tout le cycle de fabrication du jouet : site de fabrication, importation, grande distribution, etc.

Le jouet est reconnu non-conforme s'il y a des manques au niveau de l'information :

- Absence de marquage CE (certifie que le jouet répond aux normes européennes)
- Absence d'avertissement réglementaire
- Non-utilisation de la langue française pour les consignes de sécurité

Le jouet doit répondre à un certain nombre de critères : la taille des objets suffisamment grande pour éviter l'étouffement, la résistance mécanique d'élément porteur (trottinette), sécurité concernant l'accès aux piles (éviter les brûlures, électrisation). Il est conseillé donc de choisir des jouets marqués CE. Il existe également des écolabels garantissant que les jouets ne contiennent pas ces produits nocifs : Oeko-Tex, SpielGut, NF environnement, etc.

Le résultat du bilan est le suivant (12):

- 16% de prélèvements analysés et déclarés non-conformes et dangereux
- 834 avertissements
- 32 procès-verbaux
- 274 000 jouets remis en conformité ou détruits

Concernant ce sujet, l'accent sera mis sur les substances nocives qui peuvent être diffusées dans l'organisme.

### Migration des substances de la matrice polymère vers l'organisme

Cette partie est consacrée aux substances contenues dans les plastiques actuels pouvant être nocives pour la santé humaine, mais elle n'accorde pas d'importances aux scandales passés de santé publique, où toutes les substances prouvées comme nocives sont aujourd'hui interdites.

Il convient de recenser et expliquer les principales molécules toujours utilisées dans les plastiques actuels. Les valeurs nocives indiquées sont celles pour des enfants de 0 à 36 mois, ces doses pourraient être nocives pour des enfants plus âgés voir des adultes.

Les principales substances sont les phtalates et substituts, les retardateurs de flamme, les paraffines chlorées à chaîne courte, le bisphénol A, les métaux, etc.

Le plastique comme le textile sont des matériaux qui sont régulièrement portés à la bouche par les enfants, il peut donc y avoir une migration des plastifiants (comme les phtalates et substituts) qui peuvent migrer dans la salive. C'est le moyen de transmission le plus probable et si le plastifiant migre dans la salive, il peut aussi migrer vers la peau.

Le tableau suivant recense les plastifiants toujours présents dans les plastiques de jouets (13).

Substance	VTR / dose critique retenue (source)	Effet critique (étude source)	Dose critique	Facteurs d'incertitude	Applicabilité aux enfants de 0 à 3 ans
ATBC	VTR = 1,0 mg/kg pc/j (EFSA, 2005)	Toxicité générale (effet modéré sur le poids corporel et sur quelques paramètres biochimiques) Etudes de 90 jours chez des rats avec une phase d'exposition <i>in utero</i> , une étude de reproduction sur 2 générations chez le rat (Chase et Willoughby, 2002 ; Robins, 1994)	NOAEL 100 mg/kg/j	100 UF <sub>A</sub> 10 UF <sub>H</sub> 10	Oui Une étude sur 2 générations (Robbins, 1994) a été prise en compte lors de la construction de la VTR.
DINCH	VTR = 0,4 mg/kg pc/j (NICNAS, 2012)	Toxicité rénale Etude combinée de toxicité et de cancérogenèse chez le rat réalisée par BASF (2005)	NOAEL 40 mg/kg/j LOAEL 200 mg/kg/j	100 UF <sub>A</sub> 10 UF <sub>H</sub> 10	Oui Une étude sur 2 générations (BASF, 2003) et une étude de toxicité sur le développement pré- et post-natal (BASF, 2004) ont été prises en compte lors de la construction de la VTR.
DEHTP	VTR = 1 mg/kg pc/j (EFSA, 2008)	Effets sur la rétine et les fosses nasales chez le rat Deyo, 2008 : étude combinée toxicité chronique et cancérogénicité	NOAEL 79 mg/kg/j LOAEL 324 mg/kg/j	100 UF <sub>A</sub> 10 UF <sub>H</sub> 10	Oui Une étude sur 2 générations (Faber et al., 2007a) a été considérée lors de la construction de la VTR.
TXIB	Aucune VTR établie  NOAEL = 30 mg/kg pc/j	Toxicité hépatique  Etude combinée de toxicité répétée et de dépistage de toxicité pour la reproduction et le développement chez le rat (Japan MHLW, 1993)	NOAEL 30 mg/kg pc/j	-	Oui Deux études combinées de toxicité répétée et de dépistage de toxicité pour la reproduction et le développement (Japan MLHW, 1993 et Eastman Chemical, 2001) ont été prise en compte.
DOIP			Absence de donnée		

Figure 12 : VTR et dose critique retenue pour l'évaluation des risques sanitaires

### Impact environnemental

Partons d'un constat relativement simple : une étude menée par l'ADEME aboutit au chiffre édifiant de 120 000t. L'ADEME estime qu'environ 150 000 tonnes de jouets sont mis sur le marché chaque année en France. Sur ces 150 000 T, il y a 120 000 tonnes de jouets qui sont jetées. (14)

Qu'en est-il maintenant de la composition de ces jouets ? Ecobirdy, une entreprise qui recycle les vieux jouets pour en faire du mobilier a mené une étude en 2017 auprès des parents belges. Cette étude a confirmé leur hypothèse que 90% des jouets sont en plastiques (15), majoritairement composés de polyéthylène et de polypropylène. Ces jouets étant composés de différents plastiques, ils sont traités comme la plupart des déchets ménagers. Ils sont soit incinérés, soit enterrés, ou finissent dans les océans. La durée d'utilisation moyenne d'un jouet est de huit mois pour une durée de vie moyenne de 15 à 20 ans (16).

En France, le gouvernement veut imposer aux fabricants de prendre en charge le recyclage de leur plastique. Cela passera par une augmentation de quelques centimes pour les petits jouets à quelques euros pour les objets plus volumineux comme les cabanes en plastique.

Le but pour les entreprises est de se tourner vers un jouet éco conçu : cela signifie intégrer le développement durable dès les matières premières utilisées, lors de sa phase de conception, production, transport, distribution, packaging, et sa recyclabilité en fin de vie. Cela pour réduire la consommation en eau, en énergie, en matières premières et les rejets, dans l'air et dans l'eau.

Le plus respectueux de l'environnement serait d'utiliser :

- Des matériaux naturels : matériaux biodégradables (bois, bambou, lin, chanvre, etc.) de plus leur production consomme du CO2.
- Des encres végétales (soja ou colza)
- Colle écologique
- Papier et carton recyclé
- Tissu en coton biologique comme le chanvre ou le coton
- Utiliser des piles rechargeables

Un bon repère pour savoir si un jouet est écologique est sa validation de la norme ISO14000.

Cette norme certifie un management environnemental :

- L'amélioration de la performance environnementale
- Le respect des obligations de conformité
- La réalisation des objectifs environnementaux

Exemples d'actions individuelles :

Hasbro® propose une collecte de leurs déchets avec un système à points récompensant les clients qui recyclent leurs vieux jouets.

Les jeux et jouets Hasbro® sont pesés, triés puis stockés dans l'entrepôt de TerraCycle. Ces derniers seront ensuite envoyés chez des partenaires recycleurs où ils seront broyés puis extrudés en granulés de plastique. Ils seront ensuite fondus afin d'être transformés en objets d'usage courant. (17)

Lego encourage fortement à donner les briques à des associations une fois que celles-ci ne sont plus utilisées. Ils n'ont pas leur propre chaîne de recyclage. Cependant ils se tournent vers du bio PE fait à partir de canne à sucre. Ils ont aussi un partenariat avec WWF. À ce jour 80 éléments lego sur 3600 existants sont fait en bio-PE soit environ 2% (bio PE non biodégradable mais recyclable dans les filières de recyclage classique) (18).

## Analyse économique

Il s'agit dans cette partie de connaître les marchés du jouet biosourcé, mais aussi celui des bioplastiques. Des outils comme le diagramme de Porter et la chaîne de valeur synthétiseront la situation économique des jouets biosourcés.

## Caractérisation des marchés

La caractérisation du marché du jouet a été étudié en amont et en aval.

Marché en amont

L'étude de marché amont se portera sur les matières premières qui sont les bioplastiques : PLA, PHA (biosourcés et biodégradable) et bio-PE (biosourcé et non biodégradable).

Le marché des bioplastiques est en plein essor, les consommateurs sont de plus en plus vigilants sur la nature des produits qu'ils achètent dans le but de respecter l'environnement. De plus, l'économie circulaire et la bioéconomie reçoit plus de soutien de la part des politiques. C'est pourquoi les prévisions estiment une croissance de 20% du marché des bioplastiques entre 2017 et 2022, avec une production de 2,44 millions de tonnes en 2022 (19).

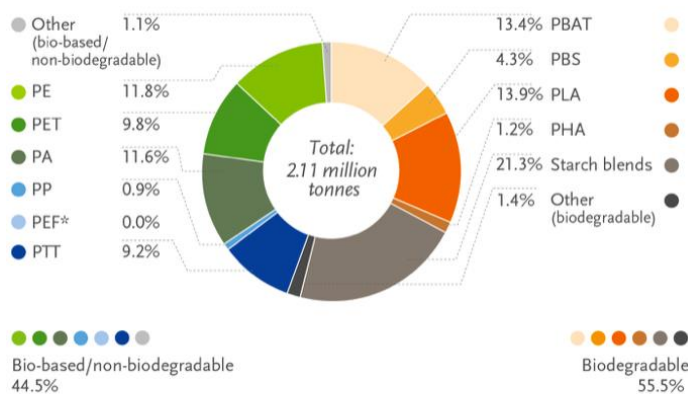


Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

Figure 13 : Production mondiale de bioplastiques (19)

Actuellement, on remarque l'apparition de nouveaux et innovants biopolymères, comme le polypropylène biosourcés (bio PP) et les polyhydroxyalkanoates (PHAs) qui montrent les plus forts taux de croissance. La production de bio PP est vouée à être multipliée par 6 à l'horizon 2024. Les PHAs sont une importante famille de polymère dont les capacités de production sont estimées à tripler en 5 ans, à partir de 2019 (20).

Global production capacities of bioplastics 2019 (by material type)



\*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

Figure 14 : Production mondiale de plastiques traditionnels et bioplastiques (20)



### Marché en aval

Le marché aval représente le marché des jouets. Tout d'abord, il est important de décrire brièvement l'aspect atypique du marché du jouet. En effet, c'est un marché qui doit énormément se renouveler pour s'adapter aux attentes des clients, qui sont en grande majorité des enfants. De plus, ce marché est confronté au développement du numérique. Cela rend le secteur du jouet assez délicat mais pas en crise pour autant.

Frédérique Tutt, une experte de l'industrie du jouet a fait l'analyse de l'année 2018 :

« Du point de vue du contenu, de la vente au détail, du marketing et de l'offre produits, 2018 a été l'année la plus perturbante de tous les temps pour l'industrie du jouet. Ce n'est plus le commerce d'autrefois. Il existe de nouvelles règles pour réussir auprès des consommateurs. Pour continuer à se développer, l'industrie du jouet doit attirer et fidéliser la génération numérique, anticiper l'évolution de ses besoins, mais également réinventer une nouvelle expérience client en point de vente. »

Le secteur du jouet français, après avoir subi une chute de 4% de chiffre d'affaire en 2018, enregistre une augmentation de 2% en 2019 pour atteindre 3,51 milliards d'euros. (21)

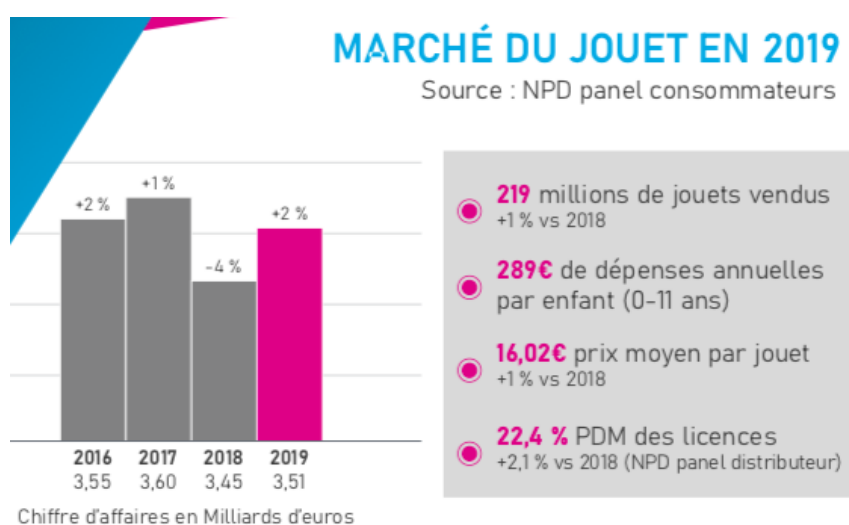


Figure 15 : Marché du jouet en 2019 (22)

Il est aussi important de noter la part grandissante du e-commerce dans le secteur. En 2016, 12% des ventes étaient réalisées sur internet et ce chiffre est en constante augmentation. Pour le marché global du jouet cela est une bonne nouvelle car cela dynamise et augmente les ventes mais pour les magasins de ventes cela représente une vraie perte. Les géants du e-commerce comme Amazon ou Cdiscount ont permis de rebooster les ventes de jouets en 2016 en amenant un choix bien plus conséquent, alors qu'elles étaient en léger déclin depuis 5 ans (23)

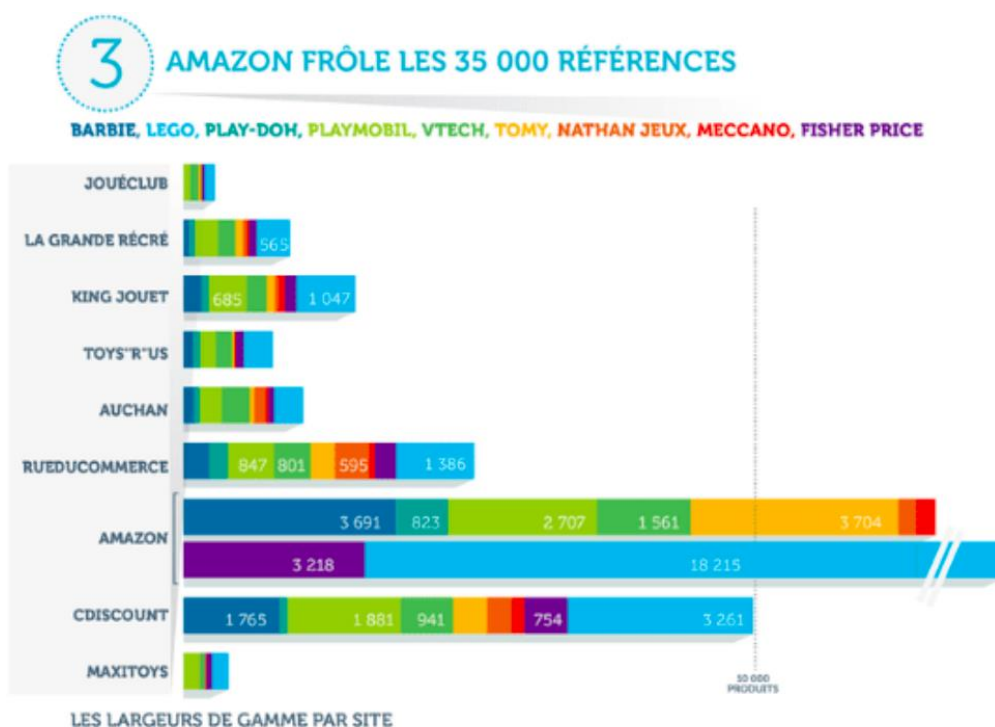


Figure 16 : Largeur de la gamme de produits disponible en fonction des différents revendeurs (23)

Une autre particularité du secteur du jouet est sa répartition au cours de l'année. En effet, la plus grosse partie des ventes a lieu en fin d'année et notamment au mois de décembre avec les cadeaux de Noël. Cette particularité entraîne de fortes variations de commandes et production que doivent gérer les constructeurs et les vendeurs.

### POIDS DE LA SAISON (oct-déc)

Source : NPD panel distributeurs

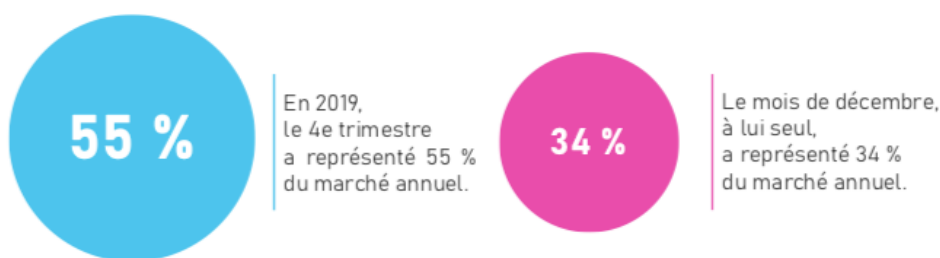


Figure 17 : Répartition annuelle des ventes de jouets (22)

## Analyse de l'environnement économique

Les données concernant les jouets en biomatériaux sont encore trop rares, puisque la matière première, les bioplastiques sont encore produits en trop faible quantité par rapport aux plastiques issus du pétrole.

Si la production de bioplastique augmente et que son usage se répand dans le monde entier, il n'est pas erroné de penser que le marché des jouets en biomatériaux suivra la même tendance. En effet, ce qui freine la production des jouets en biomatériaux c'est le prix de la matière première.

En 2015, l'ADEME regroupe dans un rapport les évolutions des produits biosourcés à l'horizon 2020 et 2030 (24). Il aurait été intéressant d'observer la différence entre les prévisions et les chiffres actuels malheureusement il n'y a pas encore des résultats pour l'année 2020. Ce rapport regroupe les

principaux facteurs d'évolution en six composantes qui peuvent elles-mêmes être regroupées en deux grand axes.

Axes	Composantes	Exemples
Dimension industrielle et marchés	<b>Ressources en carbone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilité du carbone fossile</li> <li>Disponibilité du carbone végétal</li> <li>Coût des ressources</li> </ul>
	<b>Technologie et innovation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Innovation de rupture</li> <li>Technologies disponibles</li> <li>Valeur ajoutée du biosourcé</li> </ul>
	<b>Filière</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organisation</li> <li>Implication des acteurs</li> <li>Réceptivité des marchés</li> </ul>
Action publique et citoyenne	<b>Politiques publiques et aspects réglementaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte normatif</li> <li>Réglementation</li> <li>Soutien public</li> </ul>
	<b>Contexte géopolitique et démographique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contexte économique</li> <li>Echanges mondiaux</li> <li>Démographie</li> </ul>
	<b>Attentes sociétales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rôle des citoyens</li> <li>Rôle des consommateurs</li> </ul>

Figure 18 : Principales hypothèses d'évolution pour le secteur des plastiques biosourcés (24)

Un certain nombre d'hypothèses a été établi sur les composantes ce qui a abouti à quatre scénarios :

- Une stratégie de bioéconomie, où les industriels sont aidés par des actions publiques
- Une puissance publique motrice, les actions sont prises suites aux préoccupations environnementales
- Leadership des marchés : forte demande des industriels en aval de la chaîne de valeur
- Leadership du fossile : la biomasse n'est qu'un complément

Ces scénarios sont placés sur les deux axes définis précédemment :

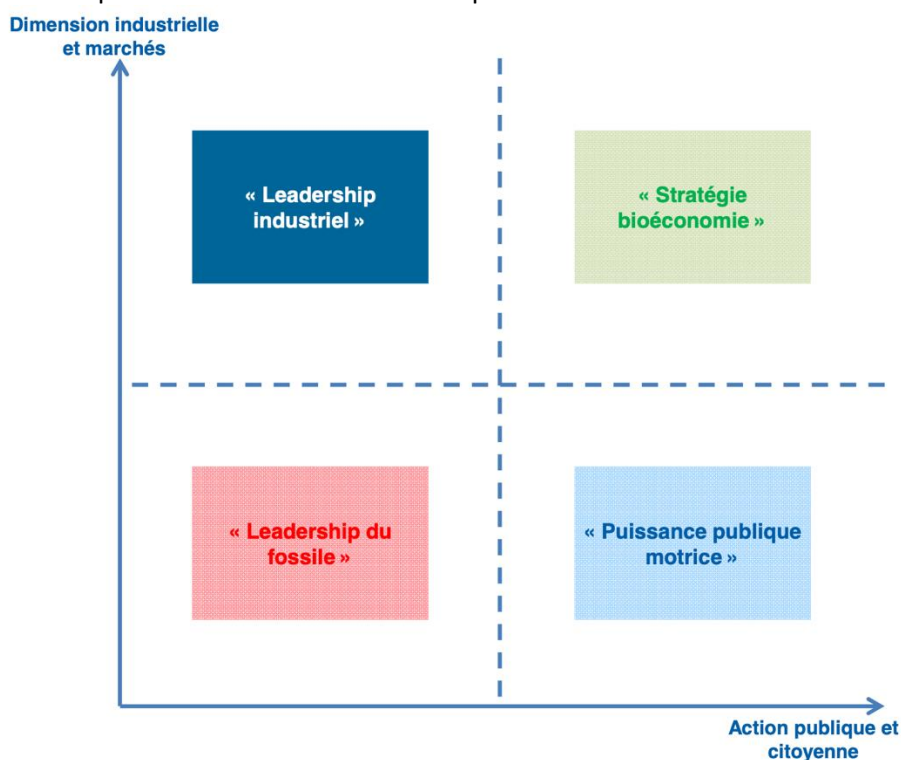


Figure 19 : Graphiques de synthèse des hypothèses (24)

Le tableau suivant présente les évolutions en tonnage des produits biosourcés selon les quatre scénarios.

		2012	2020	2030			
				Leadership du fossile	Leadership du marché	Puissance publique motrice	Stratégie bioéconomie
Produits simples	Résines	43	100	100	150	210	250
	Solvants	35	55	55	85	120	145
	Tensioactifs	120	133	140	150	170	190
	<b>Total</b>	<b>198</b>	<b>288</b>	<b>295</b>	<b>385</b>	<b>500</b>	<b>585</b>
Produits formulés	Colles	33	55	55	110	80	150
	Composites	29	100	140	220	160	250
	Détergents	86	94	95	105	150	170
	Encres	22	27	23	25	30	35
	Isolants	125	200	200	250	350	500
	Bétons	140	230	250	350	450	750
	Lubrifiants	65	100	100	150	200	240
	Peintures	23	45	45	100	160	170
	Cosmétiques	900	1 050	1 290	1 290	1 290	1 290
	Plastiques	45	105	105	157	220	262
	<b>Total</b>	<b>1 468</b>	<b>2 006</b>	<b>2 303</b>	<b>2 757</b>	<b>3 090</b>	<b>3 817</b>

Figure 20 : Estimation de tonnage pour les différents segments à horizon 2020 et 2030 (24)

Les bioplastiques connaîtraient donc une croissance importante dans tous les scénarios, une réglementation favorable permettrait d’amplifier davantage cette croissance.

Produits de 1 <sup>ère</sup> transformation	2012			2020			2030 (Scénario bioéconomie)		
	Volume (kt)	Surface (ha)	% SAU 2012	Volume (kt)	Surface (ha)	% SAU 2012	Volume (kt)	Surface (ha)	% SAU 2012
Fibres dérivés et charges	117	16 932	0,06%	229	33 186	0,11%	1 009	145 951	0,50%
Huiles	66	59 020	0,20%	173	139 919	0,48%	654	528 294	1,82%
Produits amylicés	35	7 800	0,03%	45	19 694	0,07%	176	39 179	0,14%
Saccharose	180	16 865	0,06%	265	24 803	0,09%	557	52 184	0,18%
<b>TOTAL</b>	<b>398</b>	<b>100 617</b>	<b>0,35%</b>	<b>712</b>	<b>217 602</b>	<b>0,75%</b>	<b>2 395</b>	<b>765 608</b>	<b>2,64%</b>

Figure 21 : évolution de production des produits de première transformation (24)

En globalité la stratégie de la bioéconomie sera la plus favorable pour le développement des produits biosourcés. Selon ce scénario, l’ADEME prévoit une augmentation de 2,6% de la surface agricole utile par rapport à celle de 2012.

### Diagramme de Porter

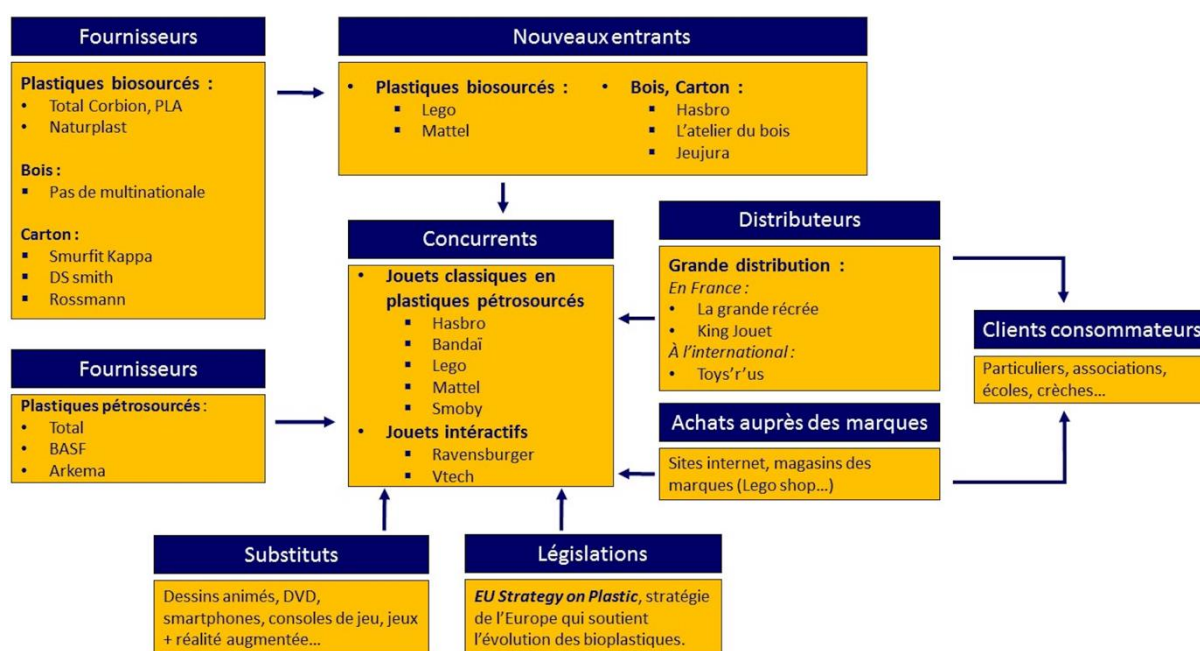


Figure 22 : Diagramme de Porter du jouet biosourcé

## Chaîne de valeur

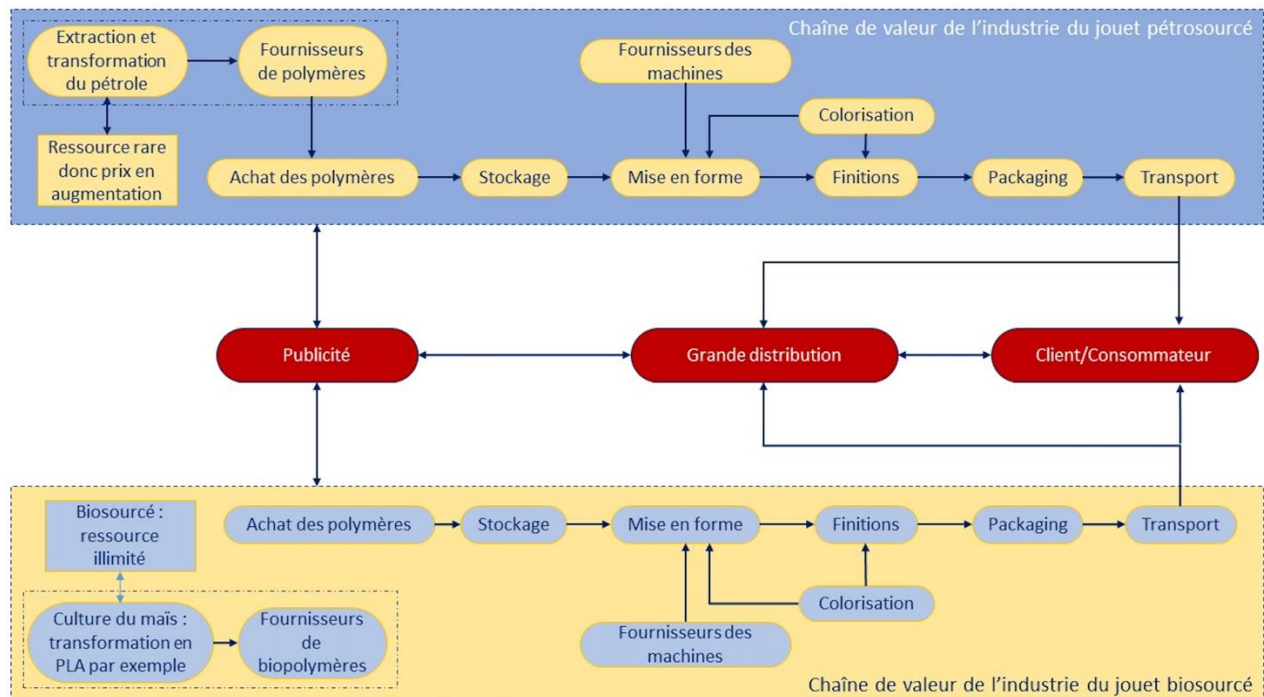


Figure 23 : Chaîne de valeur du jouet biosourcé

## Perspectives d'évolution

La principale perspective d'évolution technologique est la transition écologique vers des matériaux durables. En effet, à ce jour, les plastiques, de par leurs faibles coûts et leurs propriétés, sont les matériaux les plus utilisés dans la fabrication de jouets pour enfant. À ce jour, malgré de nombreuses découvertes, les bioplastiques restent trop peu accessibles, trop chers, trop coûteux à extraire pour se faire une place sur le marché du jouet. Les plastiques pétrosourcés sont trop implantés pour être délogés, si bien qu'il est difficile pour une start-up de s'imposer dans ce domaine, même si de plus en plus proposent des solutions alternatives (11). L'engouement général pour le biosourcé est, à juste titre, un tournant majeur dans le domaine des matériaux, et les jouets n'y échappent pas. Il se pourrait bien que d'ici une dizaine d'années, voire moins, tous les plastiques constituant les jouets soient biosourcés. C'est en tout cas la démarche des plus grands noms de ce domaine, tels que Lego ou Mattel.

Les jouets étant grandement concurrencés par l'arrivée des objets connectés, l'évolution que l'industrie doit connaître n'est pas nécessairement que dans les matériaux. En effet, même si un renouveau dans leur composition est indispensable, il va de soi que le domaine des jouets doit se réinventer pour y faire face. Et cela peut passer dans la conception même des jouets, réinventer un nouvel amusement pour les enfants qui sont nés dans une culture où la technologie a pris une part importante dans le divertissement. De plus en plus, le marché du jouet voit l'arrivée de jeux ludiques, éducatifs qui sont destinés à encourager l'enfant à se développer, à réfléchir, à s'éveiller, sans pour autant être connectés. Cette gamme de jeux est très intéressante et pourrait tout à fait devenir un pilier du jouet matériel dans les prochaines années.

## Diagnostic SWOT

## Variables essentielles

**Les consommateurs** : C'est la variable la plus essentielle de ce système. En effet, l'industrie des bioplastiques n'étant pas encore assez développée, il faut compter sur leur engouement pour les matériaux innovants et moins polluants pour que les bioplastiques puissent s'imposer sur le marché.

**Les matières premières** : Leur coût est un élément capital. Les prix des polymères issus de la pétrochimie restent faibles par rapport à l'extraction de polymère à partir de la biomasse. Pour les bioplastiques, malgré la grande disponibilité de la biomasse, leur coût reste trop élevé pour pouvoir être utilisé à l'échelle industrielle.

**Impact environnemental** : La production de jouets biosourcés implique que celle des matières premières soit gérée durablement (culture de la biomasse : maïs, fibres végétales...).

**Infrastructure** : Les bioplastiques en tant que possible matière première du jouet biosourcé représentent une évolution dans l'industrie des matériaux. Cependant, l'investissement initial qui permettrait aux entreprises de pouvoir réellement exploiter la biomasse végétale pour en extraire des biopolymères est conséquent. C'est une variable qu'il ne faut pas négliger.

## Facteurs de développement

De nombreux facteurs ont permis, voire forcé, ce développement, pour aboutir aux jouets que l'on connaît aujourd'hui. **L'évolution technologique et l'accès à cette technologie** sont des phénomènes grandissants. De plus en plus d'enfants de moins de 10 ans sont intéressés par des objets connectés, des tablettes, des smartphones. L'amusement actuel des enfants est complètement différent d'il y a ne serait-ce qu'une dizaine d'années. L'objet de l'étude ne concerne pas tous ces nouveaux objets et « jouets » connectés, mais plutôt les jouets matériels tels que les figurines ou autre.

**L'accès toujours plus facile aux produits** (Internet, de plus en plus de magasins de jouets partout dans le monde...), l'industrie cinématographique et ses produits dérivés, la publicité ont largement contribué à l'essor du jouet.

**La découverte et l'expansion des plastiques** est le premier facteur de développement des jouets. L'accès à ces matériaux étant de plus en plus facile (peut-être moins ces derniers temps avec la raréfaction du pétrole, quoique les États-Unis commencent à extraire du pétrole dit de schiste, qui amène une nouvelle source pétrolière sur le marché), les jouets en bois ont vite été remplacés par des jouets en plastique. En effet, les polymères pétrosourcés (polyéthylène par exemple) peuvent être mis en forme de manière simple, pour obtenir des jouets toujours plus détaillés, toujours plus jolis, pour un coût moindre si l'objet est produit en grande quantité. La technicité des jouets en plastique évolue de plus en plus : des piles, des LED, des capteurs et des émetteurs de sons sont implantés directement dans le jouet, ce qui était presque impensable au temps des jouets en bois ou en carton.

Étant manipulés par des enfants, les jouets se doivent d'avoir des **critères de sécurité**. En effet, des normes de sécurité ont été établies (*ISO 8124-1:2018 – Safety of toys — Part 1: Safety aspects related to mechanical and physical properties*) pour protéger les plus jeunes. La présence de phtalates ou autres perturbateurs endocriniens dans les jouets a été très controversée, et interdite. Il a fallu repenser les matériaux des jouets, ce qui constitue donc un autre facteur technique de développement.

Enfin, **l'augmentation de la durée de vie des jouets, de leur durabilité** est aussi un facteur de développement. Aucune famille ne veut d'un jouet fragile, qui se casse dès les premières utilisations.

Pour cela, les fabricants ont dû repenser leur méthode de fabrication, leurs matériaux, pour obtenir des objets plus résistants, capable de supporter les contraintes qu'un enfant de moins de 10 ans pourrait lui soumettre.

**L'engouement général et les lois ou plan d'action mis en place soutenant les matériaux biosourcés** permet à l'industrie du jouet d'avoir un second souffle, une évolution nette dans les matériaux qui les constituent. On peut y voir un facteur de développement important car cela va permettre aux entreprises d'investir davantage dans la transformation de la biomasse en polymères biosourcés.

#### Principaux acteurs

Matériaux	Fournisseurs	Fabricants de jouet
Plastique pétrosourcé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total (PE, PET...)</li> <li>• BASF (PP, PA, PE, PET...)</li> <li>• Arkema (PE, PET...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bandai</li> <li>• Lego</li> <li>• Smoby</li> <li>• Mattel</li> <li>• Hasbro</li> </ul>
Plastique biosourcé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total Corbion (PLA...)</li> <li>• Nombreuses start-ups</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lego</li> <li>• Mattel</li> </ul>
Carton	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DS Smith</li> <li>• Smurfit Kappa</li> <li>• Rossmann</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasbro (plateaux de jeu)</li> </ul>
Bois	Pas de multinationale : Stratégie économique visant un marché de niche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'atelier du bois</li> <li>• Jeujura</li> </ul>

Figure 24 : principaux acteurs dans le secteur du jouet

#### Matrice SWOT

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoproduit : biodégradable, compostable...</li> <li>• Marché potentiel énorme</li> <li>• Biomasse disponible en illimité</li> <li>• Aptitude au contact avec les enfants (pas de substances nocives a priori)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coûteux à industrialiser</li> <li>• Extraction des bioplastiques plus technique</li> <li>• Peur potentiel des investisseurs de ce nouveau marché</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appauvrissement des ressources issues de la pétrochimie</li> <li>• Législations en faveur des nouveaux bioproduits</li> <li>• Opinion publique en faveur du développement des matériaux « verts »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyperconcurrence du marché</li> <li>• Présence des géants du jouet plastique</li> <li>• Existence de différents substituts (jeux vidéo...)</li> <li>• Plastiques recyclés, qui peuvent paraître autant écologique que les biosourcés</li> </ul>

Figure 25 : Matrice SWOT du jouet biosourcé

## Élaboration de scénarios

Les scénarios suivants présentent ce qui pourrait se passer pour le secteur du jouet biosourcé en se basant sur un jeu d'hypothèse

### Scénario pessimiste

#### *Leadership de l'énergie fossile, domaine des biomatériaux en péril*

Ce serait le scénario le plus pessimiste pour le développement des matériaux biosourcés et donc pour l'industrie du jouet biosourcé. Ce scénario repose sur les hypothèses suivantes :

- Large disponibilité des ressources en pétrole
- Prix bien plus avantageux pour les plastiques traditionnels
- Pas d'implication des consommateurs dans le biosourcé

Ici l'énergie fossile perdure, des puits de pétroles sont trouvés partout dans le monde et il y a suffisamment de réserve en pétrole pour tenir des prix extrêmement bas. Cette concurrence inégale déroute l'industrie du bioplastique qui se meurt petit à petit, ou qui sera rachetée par les grands groupes pétroliers. Les plastiques issus de la biomasse sont alors un simple complément, une offre différente. Les méthodes sont pourtant connues mais la mise en œuvre de ces plastiques biosourcés est extrêmement coûteuse comparée aux plastiques conventionnels. De plus, les consommateurs sont dans l'optique de consommer toujours plus et moins cher, ils accordent peu de crédit à la valeur ajoutée des produits biosourcés. Le jouet biosourcé est donc dans un état de survie, avec très peu de production. Il coûte beaucoup plus cher.

### Scénario tendancielle

#### *Le leadership des marchés et une puissance publique matrice.*

Ce scénario est le scénario tendanciel, celui qui semble se dérouler actuellement. Pour ce scénario, les hypothèses sont les suivantes :

- Innovation de rupture dans le domaine des biomatériaux
- Consommateurs intéressés par les jouets en matières biosourcés
- Prix légèrement plus élevés que les jouets en plastiques plus élevés
- Ressource pétrolière décroissante

Ce scénario représente le scénario actuel, celui qui semble se profiler à ce jour. Il y a d'abord une innovation de rupture. L'innovation est de réussir à fabriquer des plastiques à partir de la biomasse végétale. Ce qui en fait une innovation de rupture, c'est que ces plastiques ont les mêmes propriétés que les plastiques traditionnels. Ces nouveaux plastiques commencent à prendre de plus en plus de parts de marché dans tous les domaines, dont le domaine du jouet. Ce scénario est donc favorisé par le fait que la matière première des bioplastiques est disponible en grande quantité, durable, et moyennement chère. Ce n'est pas le seul facteur : il y a aussi une demande croissante des consommateurs pour ces jouets issus de la biomasse. Grâce à des campagnes de sensibilisation sur l'environnement et l'importance de vivre durablement, le consommateur s'intéresse davantage au jouet biosourcé. Il est même d'accord de payer un peu plus cher s'en procurer un.



## Scénario optimiste

*Adopter une stratégie de bioéconomie*

Ce scénario propose la vision la plus optimiste pour le secteur des jouets biosourcés. Il se construit sur les hypothèses suivantes :

- Industrie des bioplastiques très développé
- Ressources limitées en pétroles
- Mesures gouvernementales fortes en faveur de l'environnement

Le premier facteur encourageant grandement le jouet biosourcé serait l'hyper-développement de l'industrie du bioplastique. Les usines obtiendraient des taux de rendements prodigieux, le prix du plastique biosourcé serait inférieur à celui du plastique conventionnel. Cela serait encore plus favorisé si nos ressources en pétrole s'épuisent. Le pétrole devient plus rare et donc plus cher ; l'alternative des biomatériaux devient donc indispensable pour compenser la production de plastique. La majeure partie des parts du marché serait donc détenue par les jouets en biomatériaux. Enfin la dernière hypothèse qui donnerait le monopole aux jouets en bioplastique serait l'adoption de nouvelles lois limitant fortement la production de plastique traditionnel. Ces lois seraient à l'origine d'une prise de conscience écologique, et motivés par l'urgence climatique. L'interdiction de la production de certains plastiques, ou la consommation grandement limitée d'autres permettraient au secteur des bioplastiques en général d'obtenir le monopole, et donc les jouets en biomatériaux aussi.

## Analyse des risques

Le tableau ci-dessous propose une évaluation en pourcentage de la faisabilité de chaque hypothèse et chacun des scénarios.

Scénarios	Scénario 1 : Leadership de l'énergie fossile	Scénario 2 : leadership des marchés et puissance publique motrice	Scénario 3 : Adopter une stratégie de bioéconomie
Hypothèses	<p>H1 : Large disponibilité des ressources pétrolière (40%)</p> <p>H2 : Prix bas des plastiques traditionnels (10%)</p> <p>H3 : Consommateurs non impliqués dans une démarche écologique (10%)</p>	<p>H1 : Innovation de rupture dans le domaine des bioplastiques (30%)</p> <p>H2 : Consommateurs impliqués dans une démarche écologique (40%)</p> <p>H3 : Ordre de grandeurs des prix identiques entre les jouets traditionnels et les jouets biosourcés. (30%)</p>	<p>H1 : Industrie du bioplastique très développé (10%)</p> <p>H2 : Ressources limitées en pétrole (20%)</p> <p>H3 : Mesures gouvernementales en faveur des jouets en biomatériaux (10%)</p>
Probabilité des scénarios (moyenne des hypothèses)	20 %	33%	13%

Figure 26 : Analyse des risques pour chaque scénario

## Conclusion

Cette étude est portée sur la viabilité du remplacement du plastique pétrosourcé par du plastique biosourcé dans l'industrie du jouet. Dans un premier temps, il a fallu définir clairement le sujet et ses contours pour pouvoir cibler précisément l'étude. Ensuite l'élaboration du cahier des charges a permis de pouvoir analyser et comparer les différents matériaux constituant les jouets sur certains critères. L'étude des matériaux ainsi que celle des procédés de mise en forme a montré que les bioplastiques ont tout à fait un atout à jouer dans le secteur des jouets car ils n'ont rien à envier aux plastiques pétrosourcés. La question de la fin de vie du produit est plus que jamais un paramètre essentiel à prendre en compte lors de la conception d'un jouet. C'est pourquoi le choix des matériaux est primordial et qu'il est nécessaire de repenser ces jouets pour arriver à une conception plus écologique et respectueuse de l'environnement, tout en répondant aux attentes des enfants. De plus, l'engouement général pour des produits plus respectueux de l'environnement permet à ces nouveaux matériaux d'émerger et de pouvoir potentiellement prendre une place importante sur le marché notamment du jouet.

Ensuite, l'analyse de l'impact d'un jouet sur la santé, sur l'environnement aide à comprendre l'importance du choix des matériaux lorsqu'un jouet est mis en vente. Il est nécessaire de limiter les impacts et risques que présentent un jouet.

Enfin, l'analyse économique permet de connaître les stratégies des constructeurs de jouets dans différents domaines, d'avoir une idée de l'ampleur du marché du jouet, du marché des plastiques pétrosourcés et de celui des plastiques biosourcés. Les outils tels que le diagramme de Porter ou la matrice SWOT positionnent les jouets en bioplastiques sur le marché face aux concurrents. Leurs forces (biosourcés, disponible en masse, biodégradable...) et leurs faiblesses (coûteux, plus compliqué à exploiter à l'échelle industrielle) montrent que les bioplastiques ont toutes leurs chances de pouvoir s'imposer sur le marché car ils présentent de nombreux avantages par rapport à leurs concurrents pétrosourcés.

Le remplacement des plastiques issus de la pétrochimie par des plastiques issus de la biomasse est en théorie viable. En effet, aucun indicateur permet d'affirmer que ce n'est pas un matériau d'avenir car c'en est un ! Le réel problème rencontré est pour l'instant le prix de ses plastiques, car il n'y a pas encore d'entreprises qui les exploitent à l'échelle industrielle. L'investissement pour des infrastructures capables de ceci est encore trop coûteux, et l'exploitation de ces matériaux est encore pour la plupart des entreprises au stade de recherche. Il apparaît cependant que ces matériaux sont une alternative viable aux plastiques pétrosourcés pour la conception de jouets. Il reste à voir si les grands groupes tels que LEGO ou MATTEL réussissent à concevoir en grande quantité des jouets biosourcés qui puissent divertir les enfants sans risque ni pour eux, ni pour l'environnement.

## Bibliographie

- (J.), L. (. (1999). *Le moulage par rotation des pièces creuses en matières plastiques : une technique économique pour les productions de petites séries*. Albi.
- ADEME. (2015, Avril). *Marchés actuels des produits biosourcés et évolutions à horizons 2020 et 2030*. Récupéré sur [https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/2015\\_ademe-etude-marches-produits-biosources-synthese.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/2015_ademe-etude-marches-produits-biosources-synthese.pdf)
- Anne-Laurence DUPONT, G. M. (2016, Janvier 10). Récupéré sur Chimie des processus de vieillissement des papiers et celluloses, Matériaux | Bois et papiers: <https://www-techniques-ingenieur-fr.gaelnomade-2.grenet.fr/res/pdf/encyclopedia/42832210-af6825.pdf>
- ANSES (agence nationale de sanitaire, alimentation, environnement, travail). (2016, Août). Récupéré sur Jouets et équipements en matière plastique destinés aux enfants de moins de trois ans: <https://www.anses.fr/fr/system/files/CONSO2013SA0176Ra.pdf>
- BILLOET, D. (2005, Avril 10). Récupéré sur Moulage par injection multimatière: <https://www-techniques-ingenieur-fr.gaelnomade-1.grenet.fr/res/pdf/encyclopedia/42151210-am3692.pdf>
- bioblastic, E. (2019). Récupéré sur <https://www.european-bioplastics.org>
- Bioplastic, E. (2019). *Bioplastics Markets Data*. Récupéré sur <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- BLOA, H. L. (2013, Mai 31). Récupéré sur Algopack, des algues pour remplacer le plastique ? : <https://www.youtube.com/embed/ucQgBIMIqyM>
- BRENCKMAN, C. (1992, Février 10). *Préparation et moulage par compression des thermoplastiques renforcés estampables*. Récupéré sur <https://www-techniques-ingenieur-fr.gaelnomade-1.grenet.fr/res/pdf/encyclopedia/tiaam-a3729-version1.pdf>
- Carnots, A. d. (s.d.). Récupéré sur Composites à matrice thermoplastique élaborés par un procédé de moulage par transfert de résine: <http://docplayer.fr/72251503-Composites-a-matrice-thermoplastique-elabores-par-un-procede-de-moulage-par-transfert-de-resine-rtm.html>
- CHAPUIS, D. (2020, Mars 10). Récupéré sur Le recyclage et la réparation des vieux jouets à un tournant: , <https://www.lesechos.fr/industrie-services/conso-distribution/le-recyclage-et-la-reparation-des-vieux-jouets-a-un-tournant-1183467>
- Charette, M. d. (2016, Décembre 5). *L'évolution du secteur des jeux et jouets en 2016 : étude de marché*. Récupéré sur <https://www.ecommerce-nation.fr/levolution-du-secteur-des-jeux-et-jouets-en-2016-etude-de-marche/>
- Christian PENU, M. H. (2017, Juillet 10). Récupéré sur Acid polylactique: <https://www-techniques-ingenieur-fr.gaelnomade-2.grenet.fr/base-documentaire/materiaux-th11/plastiques-et-environnement-42657210/acide-poly lactique-pla-am3317/proprietes-am3317niv10003.html>
- DGCCRF. (2019, 12 23). *Le portail de l'Économie, des Finances, de l'Action et des Comptes publics*. Récupéré sur Bilan 2018 des contrôles sur la sécurité des jouets: <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/bilan-2018-des-contrôles-sur-la-securite-des-jouets>
- Ecobirdy. (s.d.). Récupéré sur <https://www.ecobirdy.com/blogs/news/plastic-toys>
- Ecolopop. (s.d.). Récupéré sur Jouets : vive le recyclage, la carte des spécialistes du réemploi de jouets: <http://www.ecolopop.info/2019/10/jouets-vive-le-recyclage-la-carte-des-specialistes-du-reemploi-de-jouets/19198>

- FJP. (2019). *Les chiffres du jouets*. Récupéré sur <https://www.fjp.fr/wp-content/uploads/2020/03/Memento-Statistiques-2020-FJP-V-WEB.pdf>
- Hasbro et Terracycle. (2020). Récupéré sur <https://www.terracycle.com/fr-FR/brigades/hasbro-fr>
- JARROUX, N. (2008, Octobre 10). Récupéré sur Les biopolymères : différentes familles, propriétés et applications.: <https://www-techniques-ingenieur-fr.gaelnomade-2.grenet.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/bioprocedes-dans-les-domaines-de-la-sante-de-l-agroalimentaire-et-de-la-chimie-42163210/les-biopolymeres-differentes-familles-proprietes-et-applicati>
- LATIEULE, S. (2018, Mars 9). Récupéré sur Les briques "botaniques de LEGO® en polyéthylène biosourcé de Braskem: ) <http://www.formule-verte.com/les-briques-botaniques-de-lego-en-polyethylene-biosource-de-braskem/>
- Marie-Christine TROUY, P. T. (2019, Juillet 10). Récupéré sur Matériau bois - Structure et caractéristiques: <https://www-techniques-ingenieur-fr.gaelnomade-2.grenet.fr/base-documentaire/42571210-sciences-et-technologies-du-bois/download/c925/materiau-bois.html>
- NPD. (2019). *L'univers du jouet*. Récupéré sur <https://www.npdgroup.fr/wps/portal/npd/fr/marche/jouets/>
- Plasticem. (s.d.). Récupéré sur Les matières plastiques: <https://www.plastisem.fr/guide-plastique/les-matieres-plastiques/>
- TCHARKHTCHI, A. (s.d.). Récupéré sur Rotomoulage de pièces en matière thermoplastique : <https://www-techniques-ingenieur-fr.gaelnomade-1.grenet.fr/res/pdf/encyclopedia/42149210-am3706.pdf>

## Table des illustrations

Figure 1 : Diagramme des exigences d'un jouet.....	4
Figure 2 : Motif monomère du polypropylène .....	5
Figure 3 : Motif monomère du polyéthylène.....	6
Figure 4 : Motif monomère du polystyrène.....	6
Figure 5 : Motif monomère du PLA.....	9
Figure 6 : Motif monomère du PHA .....	9
Figure 7 : Schéma du principe de fonction du moulage par compression .....	10
Figure 8 : Schéma du principe de fonctionnement du moulage par transfert de matière.....	10
Figure 9 : Principe de fonctionnement du moulage par injection .....	11
Figure 10 : Schéma du principe de fonctionnement du rotomoulage.....	11
Figure 11 : Répartition des pièces fabriquées par rotomoulage (10) .....	12
Figure 12 : VTR et dose critique retenue pour l'évaluation des risques sanitaires.....	13
Figure 13 : Production mondiale de bioplastiques (19) .....	15
Figure 14 : Production mondiale de plastiques traditionnels et bioplastiques (20).....	15
Figure 15 : Marché du jouet en 2019 (22).....	16
Figure 16 : Largeur de la gamme de produits disponible en fonction des différents revendeurs (23) .....	17
Figure 17 : Répartition annuelle des ventes de jouets (22) .....	17
Figure 18 : Principales hypothèses d'évolution pour le secteur des plastiques biosourcés (24) .....	18
Figure 19 : Graphiques de synthèse des hypothèses (24).....	18
Figure 20 : Estimation de tonnage pour les différents segments à horizon 2020 et 2030 (24) .....	19
Figure 21 : évolution de production des produits de première transformation (24).....	19
Figure 22 : Diagramme de Porter du jouet biosourcé .....	19
Figure 23 : Chaîne de valeur du jouet biosourcé.....	20
Figure 24 : principaux acteurs dans le secteur du jouet .....	22
Figure 25 : Matrice SWOT du jouet biosourcé .....	22
Figure 26 : Analyse des risques pour chaque scénario.....	24