

Mémoire de fin d'étude
dirigé par Claire Fayolle
DNSEP Design
École nationale supérieur d'art de Nancy

Aliénor Morvan · 2014-2015

matière primaire



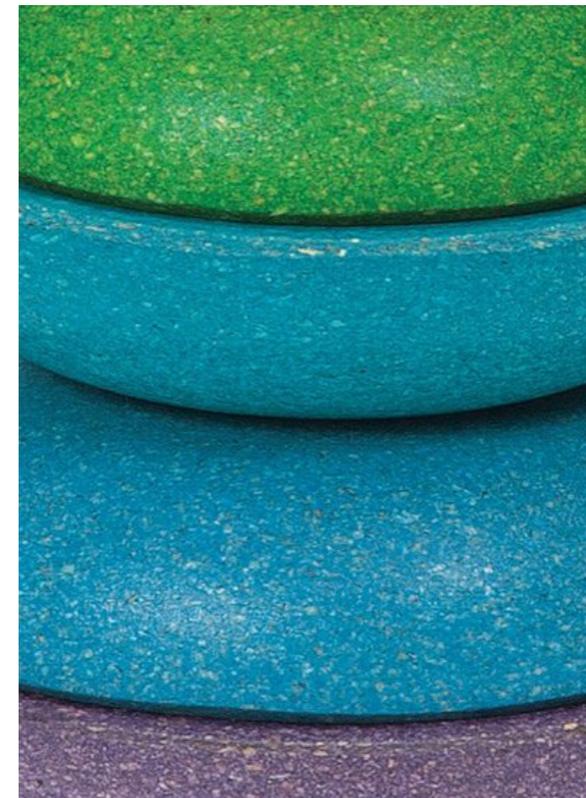
L'**Algopack** est issu d'algues brunes de Saint-Malo. Les algues sont cultivées en symbiose avec les parcs ostréicoles. Le polymère est simplement obtenu par séchage.



La **Galalithe** est un polymère dérivé de la caséine du lait. Son aspect est proche de celui de l'ivoire. Elle permet de valoriser une quantité importante de lait impropre à la consommation.



Le **Biobu** est un composite alliant une matrice d'amidon à une charge de sciure de bambou, déchets d'une production mère. La réussite de ce matériau réside dans sa densité de couleur.



Le **Planwood** est également un composite valorisant un coproduit. Il est constitué de latex et de sciure d'hévéa. L'entreprise Plantoy's fonctionne en quasi-circuit fermé.

Avant-propos.....	08
Introduction.....	10
Partie 1 : les matériaux.....	14
Les dons de Cérès.....	15
Les coproduits, matières filles.....	16
Indépendance face au pétrole ?.....	22
Le cas PLA.....	24
Un biopolyère vraiment « bio ».....	26
Dégradable, le graal.....	27
Les oxo-dégradables.....	27
Les composites bio-péto.....	29
Les défauts de leurs qualités.....	29
Les hydrosolubles.....	36
Les sains plastiques.....	37
Une substance alchimique.....	45
Coût de la matière.....	49

Partie 2 : la conception.....	58
La fête est finie.....	61
Acceptation psychologique.....	64
« Bon à jeter ».....	66
Le compostage.....	67
Réutilisable.....	70
Un esthétique écologique ?.....	71
La callimorphie.....	72
Un matériau travesti.....	73
Terroir.....	82
Conclusion.....	88
Bibliographie.....	92
Annexes.....	98
Entretien avec Alain Pineau.....	100
Entretien avec Sandrine Hoppe.....	110
Remerciements.....	116
Note d'impression.....	118

avant-propos

Les biopolymères sont des polymères bio-sourcés, c'est-à-dire originaire de la biomasse. Cette famille de matériaux est issue d'êtres vivants qu'ils soient végétaux, algaux, animaux, fongiques, etc. Ils peuvent être naturels c'est-à-dire présents en l'état dans la nature comme le bois, la corne, le cuir ... ou artificiels, c'est-à-dire dérivés de matières naturelles mais transformés par l'Homme, comme la galalithe, le PLA, le PHA, l'algopack. Les polymères pétro-sourcés sont quant à eux des polymères synthétiques issus de la pétrochimie.

Souvent issus de l'agriculture, les biopolymères font partie de la famille plus vaste des « agromatériaux » qui comprend des polymères mais pas seulement, par exemple le lin, le coton, les panneaux de particules de paille, le mycélium ... Les biopolymères sont pour la plupart biodégradables; à ce titre le compostage est souvent envisagé comme solution

pour leur fin de vie. Dans ce mémoire, « biopolymères », « polymères bio-sourcés » et « plastiques bio-sourcés » seront indifféremment employés pour désigner le même type de matériaux. Ne seront qualifiés de « biopolymères » que les biopolymères artificiels dont la composante bio-sourcée est totale.

introduction

L'agriculture marque le début de l'ère néolithique. Véritable révolution, l'activité de l'homme l'amène, pour la première fois, à transformer son environnement. Il s'organise pour produire collectivement sa nourriture et assurer sa sécurité alimentaire. Il se sédentarise et se lie à un territoire. En économie, l'agriculture est devenue le secteur primaire tandis que l'industrie est secondaire et le service tertiaire.

La révolution industrielle a développé une relation de domination vis-à-vis de la nature dont il fallait exploiter toujours plus les ressources, dans un schéma de croissance frénétique. Or, l'aventure spatiale a fait brutalement surgir la vision d'un monde fini. Cette image est décrite aussi bien par Richard Buckminster Fuller¹, Victor Papanek² ou Ezio Manzini³ comme fondatrice de la pensée de l'écologie contemporaine. L'homme doit alors réapprendre à construire dans l'idée de ressources limitées. L'exploitation des

matières et énergies fossiles est remise en cause. À la fois rare et polluant, le pétrole, or noir de jadis, est particulièrement ciblé. Environ 280 millions de tonnes⁴ de plastiques en sont pourtant issus chaque année. L'industrie en est particulièrement dépendante. La transition vers des matériaux alternatifs est donc un enjeu important. Constitués de matière organique végétale, les biopolymères apportent la séduisante promesse de « plastique sans pétrole ». Ils ont été découverts à la fin du XIXème siècle mais vont être supplantés par les plastiques pétro-sourcés dans les années 1960.

1. BUCKMINSTER FULLER Richard @ al., *E3-Energy, Earth and everyone. World game, 1969-1977*, Editions B2, Paris, 2012.

2. PAPANEK Victor, *Design pour un monde réel*, Mercure de France, (environnement et société), Poitiers, 1974.

3. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Centre Georges Pompidou, 1991.

4. www.planetoscope.com rubrique plastique, consulté le 28 octobre 2014.

Ils sont réhabilités dans le milieu des années 2000 et font actuellement l'objet de nombreuses recherches et innovations. Espoir d'émancipation face aux ressources fossiles, ils évitent ainsi de puiser dans des réserves d'hydrocarbures qui ont nécessité plusieurs centaines de millions d'années à se constituer. Fruit du travail de la terre, les biopolymères font appel à des ressources renouvelables. Le végétal présente en effet l'immense faculté de repousser chaque année. Cependant, actuellement, les pratiques agricoles dominantes sont très dépendantes des produits phytosanitaires issus du pétrole et imposent des cadences qui ne sont pas toujours en accord avec la temporalité de la nature. La production des biopolymères réunit de nombreux enjeux : environnementaux bien sûr mais également territoriaux, économiques et sociaux. Leur appropriation au sein d'une démarche de design amène à penser la

justesse de leur identité sensorielle et sémantique ainsi que leurs applications.

Problématique

« Etsi en 2025... ? » À dix ans de l'échéance des prédictions de Buckminster Fuller, quand est-il de notre « capacité à fonctionner en solutionneurs de problèmes locaux-globaux »¹ ? Dans une société tertiaire du service et de la dématérialisation numérique, quelle place accorder à la matière et d'autant plus lorsqu'elle vient de la terre ? En quoi l'adoption des biopolymères par un designer peut-elle l'amener à penser un système global ?

L'ambition de ce mémoire ne mènera pas à la description scientifique et exhaustive de la chimie des polymères. Il conviendra davantage de recenser les différentes

1. R. Buckminster Fuller al., *E3-Energy, Earth and everyone. World game, 1969-1977*, Editions B2, Paris, 2012, p94.

initiatives de développement et les propositions d'applications et d'usages, d'en saisir les enjeux et se méfier des fausses routes. Il s'agira de démontrer l'aspect déterminant du choix des biopolymères dans l'élaboration d'un projet. Une première partie traitera plus particulièrement du matériau. Elle sera l'occasion de questionner la relation des biopolymères avec la production alimentaire mais également le type d'agriculture dont ils sont issus. Leurs différentes propriétés seront exposées : dégradabilité, intérêt sanitaire, qualités sensorielles et leur mise en oeuvre. Cela mènera vers une réflexion sur le contexte économique de leur développement. Le second chapitre sera dévolu à l'inscription du matériau au sein de la démarche du designer. L'utilisation des biopolymères questionne en effet certains comportements d'usage. Le designer participe à l'acceptabilité psychologique d'objets et de pratiques contraignantes par une réflexion

sur l'identité formelle des biopolymères, leur statut de substitut et leur intégration culturelle au sein d'un terroir.

partie 1 • matériaux

Les fausses bonnes idées

Lorsque j'ai découvert l'existence des polymères bio-sourcés, ils me sont apparus comme la panacée. Une matière-réponse providentielle à la pénurie de pétrole et aux pollutions engendrées par ce dernier. Mon stage effectué chez matériO durant les mois de janvier et février 2014 a fortement contribué à me faire prendre du recul. Élodie Ternaux et Quentin Hirsinger, fondateurs de cette mathériauthèque parisienne, m'ont appris à rester prudente face aux discours accrocheurs des industriels, à déceler les approximations et les fausses bonnes idées. Si la source végétale des biopolymères présente des avantages incontestables par rapport à l'exploitation de ressources fossiles comme le pétrole, il paraît primordial de gérer leur développement avec rigueur afin d'éviter la création de nuisances collatérales.

Les «dons de Cérès»¹

Le roi Midas avait fait le vœux de transformer chaque chose qu'il toucherait en or. «Fais, dit-il, que tout ce que mon corps aura touché se convertisse en or aux fauves reflets»¹. Mourant de faim, puisque tous les aliments qu'il saisissait se métamorphosaient en étincelant métal jaune, il s'est finalement résigné et a supplié Dionysos de lui retirer ce funeste présent. «À la fois riche et misérable (...) au milieu de l'abondance, il n'a pas de quoi apaiser sa faim»¹. Cultiver la terre dans l'unique but de produire de la matière et non de la nourriture reviendrait à détourner les «dons de Cérès»¹. La production de biopolymère ne relèverait-elle pas de l'hubris de Midas ?

L'agriculture est «l'ensemble des activités développées par l'homme, dans un milieu

1. Ovide, *Les métamorphoses*, Livre XI, 91-123, p. 354.

16 biologique et socio-économique donné, pour obtenir les produits végétaux et animaux qui lui sont utiles, en particulier ceux destinés à son alimentation»¹. Par essence, on attribue d'abord à l'agriculture une fonction vivrière. Or, dans certains cas, les terres ne sont plus cultivées pour nourrir les populations mais pour produire du plastique. Ce principe est dénoncé par Fabrice Nicolino dans son ouvrage fustigeant les biocarburants *La faim, la bagnole, le blé et nous*². Comme les biocarburants, les biopolymères pourraient eux aussi entrer en compétition avec le foncier agroalimentaire. Or, un rapport des Nations Unies datant du 13 juin 2013, estime la population mondiale à 9,6 milliard en 2050³. L'augmentation de la population entraînerait un besoin croissant de logements au détriment des terres arables, tout en amenant une augmentation des besoins agroalimentaires, et donc la nécessité d'étendre les terres

cultivables. Les cultures seraient contraintes de convoiter le foncier forestier. L'occupation de terres vivrières par la production de carburant ou de plastique contribuerait donc directement à la déforestation et au délogement des populations.

Le coproduit, une matière fille

Pour être envisagée à long terme, la production de biopolymère ne peut être issue d'une filière qui lui soit uniquement dédiée. À ce titre, la piste des coproduits me semble pertinente. Les coproduits, ou matières premières secondaires, sont des matériaux annexes créés au cours du même processus de fabrication et en même

1. www.larousse.fr consulté le 27 octobre à 11h19.

2. NICOLINO Fabrice, *La faim, la bagnole, le blé et nous, une dénonciation des biocarburants*, (LITT. GENE.) Fayard, Paris, 2007, 175 p.

3. Site des Nations Unies www.un.org rubrique démographie consulté le 27-10 à 19H12.

temps qu'un produit principal. Sa fabrication n'est pas intentionnelle, mais il est valorisé économiquement. Le coproduit est en quelque sorte une matière fille, tandis que le matériau dont il est issu serait sa matière mère. Il s'agit de valoriser les parties de la plante qui ne sont pas consommées ou d'utiliser un déchet généré par la production mère. Cette dernière solution est la plus répandue. Elle ne se limite évidemment pas au champ des biopolymères. Le projet S.OS du designer Felipe Ribon propose une reconsidération des os bovins, déchets des abattoirs, en matière première qualitative. La matière os destinée à la fabrication d'objet serait un coproduit de la viande à destination alimentaire. La Novatein® est un biopolymère constitué de sang rejeté par ces mêmes établissements. L'émergence de ce type de matériaux dans l'industrie est de plus en plus significative. Différentes entreprises s'en sont déjà emparées. Les tourteaux issus

de la production des huiles peuvent être mis en forme et constituent une matière première intéressante. Les productions des lunettes en bois Waiting for the Sun et de vaisselle en bambou d'Ekobo génèrent de la poussière. Ces deux entreprises les récupèrent savamment et ont toutes deux conçu une gamme dérivée à partir d'un biopolymère à charge de poussière de bois, Bois² pour Waiting for the Sun et Biobu pour Ekobo. L'Algopack est un biopolymère contenu dans les algues brunes, la culture des algues se fait en symbiose avec celle des huitres. L'Algopack est en quelque sorte un coproduit ostréicole. Philippe Evon, chercheur à l'École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques de Toulouse (ENSIACET), dirige une étude sur la synthèse d'un acide polylactique (PLA) à partir de pulpes de betteraves, déchets de la production de sucre. Au printemps, le laboratoire n'était pas encore en mesure de fournir d'échan-



Felipe Ribon imagine une série d'objets en os bovins récupérés dans les abattoirs. Ce projet, baptisé **S.OS**, démontre la qualité sensorielle et mécanique d'un matériau mis habituelle-



ment au rebut à travers différents objets quotidiens.



La **Novatein**, un biopolymère obtenue à partir du sang jeté par les abattoirs bovins.



Biopolymère issu de la **pulpe de betterave** résiduelle de la fabrication du sucre mis au point par l'équipe de chercheurs de l'ENSIASET de Toulouse dirigée par **Philippe Évon**.



L'entreprise Italienne **Flos** a présenté lors du Salon du meuble de Milan en 2012, une nouvelle version de la **Miss Sissi** dessinée en 1991 par **Philippe Starck**. Le polycarbonate d'autrefois

a été remplacé par du **PHA** mis au point par l'entreprise **Bio-On**. Il s'agit d'un biopolymère issu de résidus ou déchets de production du sucre (cane ou betterave).



Série d'échantillons expérimentaux du matériau **Calcite** élaborés par **Sanam Viseux**, diplômée de l'ENSCI en décembre 2014. Le matériau propose une solution de préservation du

sable, une ressource qui s'amoin-drit dangereusement. Ce composite est chargé de broyat de déchets de coquillages de la restauration (moules, huîtres, Saint-Jacques ...).

tillon. L'entreprise Bio-on est sur le point de commercialiser le MINERV-PHA™, un polyhydroxyalkanoate hautes performances obtenu à partir d'écart de sucre, c'est-à-dire des déchets de la production de sucre. Lors de notre rencontre¹, Alain Pineau, directeur du design de PlanToys m'a précisément décrit le développement de l'entreprise Thaïlandaise. Influencé par sa culture bouddhiste, Vitool Viraponsavan fondateur de la société, a l'obsession des cycles. Jusqu'alors les hévéas en fin de production de latex étaient abattus puis brûlés. Or, leur incinération génère des émissions fortement polluantes. L'idée de valoriser le bois d'hévéa en matière première émerge, c'est ainsi que naît PlanToys. Seulement très vite, Vitool Viraponsavan constate que le tournage du bois massif produit une quantité importante de poussière. Après un long développement, il crée le Planwood, un biopolymère composé d'une matrice de latex et d'une

charge de poussière d'hévéa. Au fur et à mesure de l'entretien, j'ai découvert une incroyable rigueur dans la gestion du cycle de production. Il s'agit d'une quête perpétuelle visant à réintroduire dans le cycle, le moindre déchet généré. PlanToys est resté à mes yeux, l'exemple le plus abouti du principe de coproduit.

Indépendance face au pétrole ?

280 millions de tonnes de plastique sont produites dans le monde en 2012³. Elles représentent environ 8% de la production mondiale de pétrole.

Des raisons environnementales, géopolitiques mais aussi sanitaires poussent l'industrie à développer des biopolymères. La croissance annuelle des végétaux,

1. Site de Bio-on www.bio-on.com

2. Entretien avec Alain Pineau en annexe.

3. www.planetoscope.com rubrique plastique, consulté le 28 octobre 2014.

dont sont issus les biopolymères, en font une ressource renouvelable par rapport au pétrole, qui mettra plusieurs millions d'années à se former. Mais si à l'avenir, la production de biopolymère avait pour ambition de se substituer à l'industrie pétrochimique en soutenant le rythme des demandes actuelles, les quantités exigées impliqueraient le recours à des monocultures intensives. Né au États-Unis, ce type d'agriculture a été introduit en France à la suite de la seconde guerre mondiale. Il s'agissait de « libérer l'humanité de ses famines à répétition en augmentant massivement la production alimentaire »¹. Mais lorsque des zones géographiques importantes sont couvertes d'une seule et même espèce de plante, la biodiversité est considérablement atteinte et l'équilibre de l'écosystème local en est *a fortiori* bouleversé.

Les produits dits « phytosanitaires », les herbicides et les pesticides sont des pro-

duits dérivés du pétrole, ils ne sont pas l'apanage des exploitations intensives. Des exploitations plus modestes y ont également recours. Afin de se protéger contre les nuisibles, aussi bien animaux que végétaux, les terres sont abondamment arrosées d'herbicides et de pesticides. Or, les plantes cultivées ne sont pas moins vulnérables aux herbicides que leurs voisines non désirées. Des organismes génétiquement modifiés sont donc créés afin de rendre les plantes cultivées résistantes aux herbicides. L'impact de leur dissémination reste encore très obscur. Une fois rendue stérile par l'absence de rotation des cultures et l'usage des herbicides et pesticides, la terre n'est pas en mesure de fournir les nutriments nécessaires à la croissance des plantes. Les engrais leur portent alors secours afin d'assurer

1. NICOLINO Fabrice, *La faim, la bagnole, le blé et nous, une dénonciation des biocarburants*, (LITT. GENE.) Fayard, Paris, 2007, p 36.

artificiellement leur épanouissement. Ces pratiques éliminent les matières organiques nécessaires à la fertilité de la terre. L'épandage des produits « phytosanitaires » cause également de nombreux troubles d'ordre allergique et cancéreux sur les populations humaines voisines.

Ainsi, la production agricole intensive et le recours à des produits pétrochimiques mènent l'agriculture à sa propre perte. À force de produire trop, on ne produira plus rien. Favoriser l'origine végétale du plastique pour viser l'émancipation face à la pétrochimie est tout à fait louable. Mais cette volonté ne peut être effective au sein d'une exploitation agricole intensive et/ou utilisant des produits « phytosanitaires ». Il s'agirait davantage d'une diversion et non d'une solution. La dépendance au pétrole serait simplement déplacée. Elle n'interviendrait plus dans la composition directe des matériaux mais massivement lors de la culture des végétaux qui assu-

raient leur production.

Le cas PLA

Le PLA, soit acide polylactique, est un polymère artificiel obtenu principalement à partir de l'amidon de maïs. Classé dans les polyesters thermoplastiques, il possède une apparence et des propriétés mécaniques très proches du polyéthylène dont il peut faire office de substitut naturel. Il est devenu, à ce titre, l'un des biopolymères les plus adoptés à ce jour. Le Mater-Bi, de l'entreprise italienne Novamont, a été l'un des premiers PLA commercialisés. Il conviendra d'observer que l'exploitation de maïs ainsi que la synthèse du PLA sont moins énergivore que l'extraction et le raffinage du pétrole. Le PLA est également compostable et des recherches sont menées à l'heure actuelle sur sa recyclabilité. Cependant, le PLA n'est pas tout à fait neutre d'un point de

vue environnemental. Il convient donc de modérer notre enthousiasme en sa faveur. L'amidon, dont est issu le PLA, est obtenu à partir du grain du maïs c'est-à-dire sa partie comestible. Son statut de denrée alimentaire est donc directement mis en péril. Cette plante tropicale originaire du Mexique, introduite en Europe au XVI^{ème} siècle, est devenue la céréale la plus cultivée au monde. Extrêmement gourmande en eau, les cultures de maïs imposent souvent une irrigation artificielle en plus des précipitations. En France, près d'un quart des cultures de maïs sont équipées de système d'irrigation. Les monocultures de maïs sont également nocives pour l'apiculture car le maïs est très maigre en pollen. Le maïs est aussi célèbre pour cristalliser le combat contre les Organismes Génétiquement Modifiés (OGM). Souvenons-nous des grandes opérations de fauchage des essais illégaux de champs plantés de semences Monsanto, menées

par José Bové depuis 1997¹. Sandrine Hoppe, chercheur en génie des procédés de mise en forme des polymères bio-sourcés à l'École Nationale Supérieure des Industries Chimiques de Nancy (ENSIC), m'a affirmé que la synthèse du PLA était une procédure chimique complexe, longue et donc très énergivore. La synthèse des polymères pétro-sourcés l'est aussi, mais depuis les années 1950, les procédés ont été considérablement accélérés. Ils n'en demeurent pas moins très gourmands en énergie grise. Par ailleurs, la production d'une tonne de PLA requiert deux tonnes de céréales². La synthèse du polymère n'est donc pas optimale. Lorsque l'on additionne l'énergie nécessaire à la culture du maïs, celle qu'implique la synthèse du polymère, l'énergie requise pour la mise en forme

1. AFP, José Bové définitivement condamné pour le fauchage de maïs OGM, libération.fr article datant du 27-03-2013, consulté le 28 octobre 2014.

2. Entretien avec Sandrine Hoppe en annexe.

puis celle du transport des produits finis, il s'avère que le PLA est une matière au lourd impact énergétique. Pour toutes ces raisons, il ne me semble pas souhaitable de poursuivre la direction empruntée par le PLA. Il est, à mon sens, un contre-exemple, la matérialisation d'une fausse bonne idée.

Un biopolymère vraiment bio !

Utiliser des ressources végétales plutôt que fossiles ne préserve pas des dommages environnementaux et sociaux comme en témoigne Éric Orsenna dans *Voyage aux pays du coton*¹. Si les années 1990 voient naître une certaine prise de conscience face aux impacts des dérives d'une agriculture productiviste, les années 2000 sont le temps du passage à l'acte. En France, les Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne (AMAP) ont fleuri ça et là depuis 2003. De plus en

plus d'agriculteurs se tournent vers des méthodes de culture plus raisonnées. Entre 2001 et 2012, le nombre d'exploitations pratiquant l'agriculture biologique a plus que doublé, en passant de 10 364 à 24 425 fermes certifiées². Or, s'il existe aujourd'hui une grande vigilance quand à l'origine géographique et le type de culture produisant nos aliments, il n'existe aucune traçabilité sur les biopolymères. C'est ce que m'a fait constater Marianna Payovitch, lors de notre conversation téléphonique dans le cadre de mon stage chez Philippe Riehling. La présidente d'Arteko, une entreprise transformant des granules de PLA en plaques colorées à l'aide de colorants naturels, m'a effectivement fait part de son désarroi car, pour le PLA venant des USA, il est impossible de savoir si le

1. Site du ministère de l'agriculture www.agriculture.gouv.fr consulté le 6 décembre 2014.

2. ORSENNA Erik, *Voyage aux pays du coton, Petit précis de mondialisation*, Le livre de poche, Paris, 2012.

mais dont il est extrait est un OGM, ou s'il vient de l'agriculture biologique. L'entrepreneuse s'approvisionne donc en Chine, ce qui d'un point de vue environnemental n'est pas non plus optimal. L'idéal serait de produire des biopolymères dans le cadre d'une agriculture biologique. Ils pourraient alors porter sans confusion leur préfixe « bio ». Les biopolymères représenteraient donc une filière épiphyte à l'agro-alimentaire biologique et serait une source de revenu supplémentaire pour leurs producteurs.

Dégradable, le graal !

« Les matières plastiques en général ne sont pas très facilement biodégradables, à l'instar de beaucoup de matériaux traditionnels tels que le verre, les métaux ou les pierres »¹. Sur les 25 millions de tonnes de déchets plastiques collectées en Europe chaque année, seulement 25% sont recyclées². L'incinération des 75% restant

libère, en plus du CO₂, des gaz toxiques dans l'atmosphère. Elle n'apparaît donc pas comme une solution soutenable. De plus, tous les déchets plastiques ne sont pas forcément collectés. Nombre d'entre eux échappent aux cycles de traitement et finissent par souiller le milieu naturel terrestre et océanique. « L'industrie produit annuellement 260 millions de tonnes de déchets plastiques, 10% terminent dans les océans »³. La dégradabilité est alors souvent perçue comme la solution absolue de fin de vie des plastiques. Si différentes techniques sont envisagées, sont-elles toutes effectives ?

Les « oxodégradables »

Afin de répondre à la question de la

1. Thommeret Richard, *Plastiques et design*, Eyrolles, Paris, 2014, p157.

2. www.planetoscope.com rubrique plastique consulté le 28 octobre 2014.

3. VICTOR Jean-Christophe, *Les dessous des cartes*, « Des îles de déchets ? » Arte, première diffusion février 2011.

dégradation de leurs matériaux, les industries pétrochimiques ont mis au point des plastiques « oxodégradables ». Ceux-ci contiennent un additif (sels métalliques) qui leur permettent d'accélérer leur dégradation en milieu naturel par oxydation à l'aide de l'eau et de la lumière. Les déchets solides sont ainsi plus rapidement transformés en petites particules. Ce qui prenait jusqu'alors plusieurs dizaines d'années pour un sac plastique est réduit à quelques mois. Or, « dégradation ne veut pas dire disparition. Si l'expression "île de déchets" est forte et contribue à marquer les esprits, elle est impropre du point de vue scientifique. [...] Il ne s'agit pas de masse solide constituée par l'accumulation de déchets plastiques mais d'une zone saturée par des déchets mobiles. [...] La plupart de ces déchets sont de tailles très petites voire microscopiques »¹. Ces microparticules n'en demeurent pas moins dangereuses. « La structure moléculaire

des plastiques ne disparaissant pas tout à fait, le plastique agit comme une sorte d'éponge, absorbant les polluants qui peuvent entrer dans la chaîne alimentaire » explique Jean-Christophe Victor sur Arte dans le numéro des *dessous des cartes*, consacré aux « îles de déchets ». En plus de causer de colossaux dommages environnementaux, cela entraîne également une perte de matière. Ces matériaux, précieux parce qu'issus de ressources non renouvelables comme le pétrole, auraient pu être réintroduits dans le cycle de production plutôt que d'être dégradés. Les thermoplastiques peuvent être fondus puis remodelés, les thermodurcissables peuvent éventuellement être broyés et servir de charge à certains types de polymères. La dégradation de polymère pétro-sourcés ne participe qu'à réduire la pollution visuelle. Elle consiste alors à cacher la poussière

1. VICTOR Jean-Christophe, *Les dessous des cartes*, « Des îles de déchets ? » Arte, première diffusion février 2011.

sous le tapis, simplement dissimuler le problème, et prétendre qu'il n'existe plus sans se soucier des effets pervers de ce camouflage.

Les composites « bio-pétro »

L'association de fibres végétales à une matrice pétrochimique présente de grandes performances mécaniques. Le recours à une fibre végétale renouvelable permet d'économiser les ressources pétrochimiques en diminuant la proportion de matière pétro-sourcée dans la composition d'un plastique. Il représente une aubaine pour l'entreprise pour communiquer sur une sensibilité à la cause environnementale. Cependant, en raison de la pluralité de matériaux qui les compose, le recyclage des composites ne peut être optimal. En effet, la séparation de la charge et de la matrice implique forcément l'élimination ou du moins l'altération de l'un des com-

posants. Lorsque le mélange est fondu, la charge végétale est soumise à rude épreuve. Ses propriétés sont considérablement amoindries quand elle ne brûle pas tout simplement. On ne récupère alors que la matrice. La dégradation d'un composite à matrice pétrochimique et charge végétale, lorsqu'elle est effectuée dans un milieu de compost, n'est pas non plus complète. La charge végétale sera assimilée aux autres matières organiques. En revanche, ce ne sera pas le cas de la matrice pétro-sourcée qui se délitera en petites paillettes. Ces fines particules souillent leur milieu d'accueil, elles le polluent. Or, il sera très compliqué de les dissocier de l'humus du compost, ce qui rejoint les problèmes engendrés par les oxodégradables.

1. SAGOT Stéphanie, *Design et agromatériaux*, éditions Albin Michel, Paris, 2012, p50.

La dégradabilité des biopolymères, « les défauts de leur qualité »¹

La qualité principale des biopolymères est sans doute leur capacité à se dégrader dans un milieu de compost. Ils se patinent avec le temps. Ils possèdent une durée de vie, une temporalité, ils sont éphémères. En cela, ils diffèrent du plastique pétrosourcé qui semble « toujours neuf »¹. Non seulement ils ne polluent pas le milieu mais ils vont participer à enrichir la matière organique. Ils deviennent ainsi des nutriments pour la terre. Dans le commerce, la part des objets en biopolymère liée au végétal est déjà importante. Les références de pots et de tuteurs comme les objets Az&mutts ou Ecoforms se multiplient. En se décomposant, le pot devient un engrais pour la plante qu'il contenait autrefois. Dans le cadre d'une recherche initiée par le centre d'Art La cuisine, Sébastien Cordoléani et Franck Fontana, ont mis

en valeur cette qualité de substrat d'un biopolymère élaboré par le Laboratoire de Chimie Agro-industriel (LCA) à partir de résidus agricoles. Les designers ont imaginé différents éléments facilitant la plantation des végétaux, comme des pavés de mosaïciculture, des contenants à graines, un tuteur-graines, une ligne et un filet de semis ou encore une carte postale végétale². Or, la dégradabilité est tellement mise en avant qu'elle est devenue l'unique fin de vie imaginée pour ces matériaux. Ne se concentrant que sur la dégradabilité, les industriels se sont dédouanés d'envisager le recyclage de ces matériaux. Bien que les ressources desquelles proviennent les biopolymères soient renouvelables, leur production implique une dépense d'énergie et d'eau. Nous l'avons vu, la temporalité

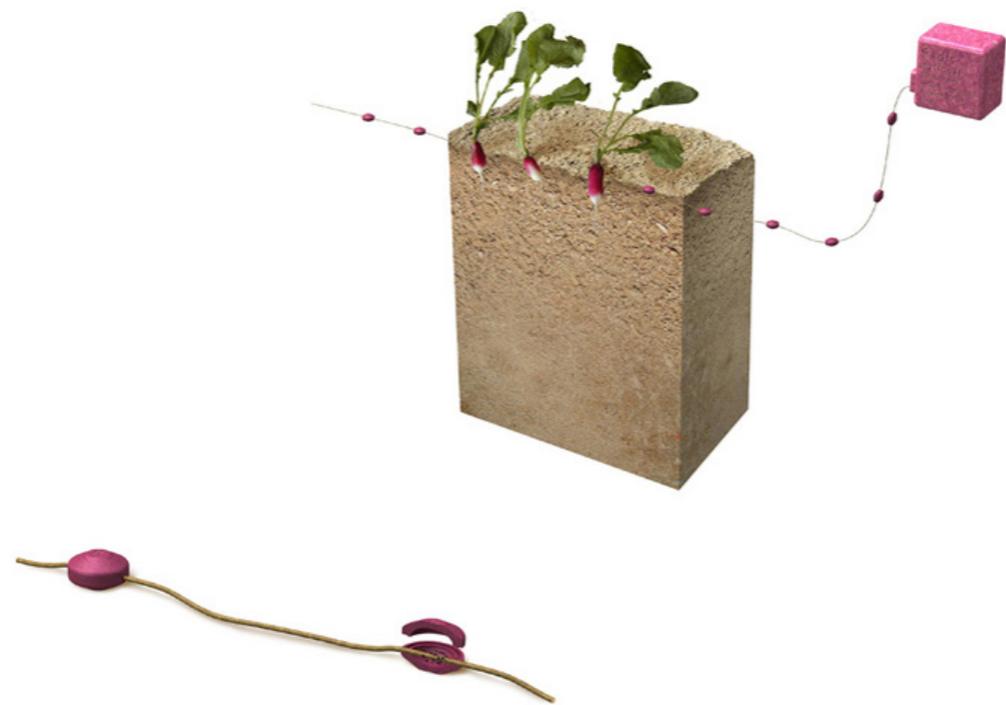
1. KULA Daniel et Élodie Ternaux, *Materiology, Frame, Birkhäuser*, 2008, 342p.

2. SAGOT Stéphanie, *Design et agromatériaux*, éditions Albin Michel, Paris, 2012, p51.

des cycles d'exploitation des terres doit être respectée pour préserver leur fertilité. Il me semble alors que la durée de vie des biopolymères doit être optimisée. Ils doivent être réinjectés le plus de fois possible dans le cycle de production avant d'envisager leur dégradation. Comme le papier, les chaînes moléculaires des polymères se raccourcissent à chaque recyclage, altérant ainsi les propriétés des matériaux. J'imagine alors différentes gammes d'un même matériau correspondant à ses étapes de recyclage. Un matériau recyclable cinq fois pourrait être décliné en cinq grades : du premier grade, neuf, *sorti des champs*, le plus performant mécaniquement jusqu'au cinquième grade de qualité plus modeste, dernière étape avant la dégradation. Ainsi, les objets dont la typologie impose une courte durée de vie, par exemple une tête de brosse à dent (trois mois), seraient fabriqués à partir de ce dernier grade, afin d'être composté par

l'utilisateur. Sandrine Hoppe m'a conforté dans cette intuition en me rappelant que « dans la filière pétrochimique, un matériau recyclé n'est jamais ré-injecté dans le même cycle de production. La typologie d'objet qui va employer un matériau recyclé est déterminée en fonction de sa faible exigence structurelle. Par exemple, le plastique recyclé à partir des bouteilles d'eau servira à produire de la laine polaire ou des sacs poubelle »¹. L'âge du matériau est ainsi défini par la typologie de l'objet qu'il constitue. En revanche, lorsque je l'ai interrogé sur le nombre de cycles acceptés par un biopolymère, Sandrine Hoppe me confie qu'il s'agit d'un concept très théorique. « On dit que le papier possède sept vies. Ça sonne bien, un peu comme pour les chats ... C'est une accroche de communication pour marquer les esprits et inciter les gens à participer au tri sélectif. Mais en réalité, il est très difficile de définir

1. Entretien avec Sandrine Hoppe en annexe.



Sébastien Cordoléani et Franck Fontana imaginent ensemble Agro Matériau, un projet initié par le centre d'art La cuisine, soutenu par Audi Talents Awards et le VIA. 2007. Différents dis-

positifs utilisent la propriété de dégradation d'un biopolymère à base de déchets agricoles. Celui-ci devient alors substrat en apportant des nutriments à la plante. Les utilisations s'inventent



à la fois dans l'agriculture vivrière et dans les plantations florales d'agrément, comme ces lignes de semi ou ces pavés de mosaiculture.



Ecoforms est une série de pots élaborés par une pépinière biologique Californienne à partir des déchets de plantes qu'ils produisent, de grains de riz et d'amidon de maïs. Les pots sont

garantis 5 ans pour une utilisation extérieur et peuvent être préservés X ans à l'intérieur.



L'entreprise Az&mut propose des pots en toile de fibres végétales imprégnées et des tuteurs utilisant une charge de poussière de bois. Les objets présentent des qualités formelles et

de rendu de matière certaines, cependant le liant utilisé demeure pétro-sourcé.

le nombre exact de cycles. En effet, afin d'éviter une altération trop rapide de la qualité des matériaux, on ajoute souvent une part plus ou moins importante de matière vierge. Un matériau est donc rarement à 100% issu du recyclage»¹.

Les hydrosolubles

Les emballages hydrosolubles peuvent eux aussi être constitués de biopolymères. L'emballage se dissout dans l'eau lors de son utilisation et est évacué par les eaux usées. Cette solution a rencontré un grand succès dans le domaine des lessives pour le linge et des pastilles pour lave-vaisselle. Dans le cas des mono-doses de lessive, cela ne supprime pas l'emballage, le bidon de lessive liquide est simplement remplacé par un seau contenant l'ensemble des doses. Mais alors que la lessive liquide occupe pleinement le bidon, les mono-doses s'empilent en créant des interstices

vides dans le seau. L'encombrement n'est donc plus optimisé. Par ailleurs, une fois dissout dans l'eau, le polymère est perdu. Il ne servira qu'une seule fois sans avoir la possibilité d'être réutilisé ou recyclé. Le problème des déchets est traité en partie mais pas celui de l'économie des ressources. C'est donc une manière très dispendieuse d'utiliser les ressources. Cette solution est évidemment préférable aux sachets en polymère pétro-sourcé et présente bien sûre de réelles facilités d'usage. L'utilisateur ne se salit pas les mains et la dose est contrôlée. Mais l'argument environnemental des mono-doses en biopolymères hydrosolubles ne me semble pas entièrement recevable. Les préoccupations environnementales suscitent un nombre croissant de recherches et d'innovations faisant appel aux biopolymères. Leur développement comprend des étapes, des tâtonnements qui participent à leur meilleure connaissance.

Cependant la viabilité et les qualités environnementales de ces premiers pas doivent être régulièrement remises en cause. Trop souvent des utilisations approximatives de biopolymères sont récupérées à des fins stratégiques d'écoblanchiment¹. Cette stratégie marketing vise à mettre en avant de manière abusive une qualité environnementale plus ou moins fondée afin d'améliorer l'image d'une entreprise auprès des consommateurs.



Sains plastiques

Au delà de leur fameuse dégradabilité, l'une des grandes vertus de la famille des biopolymères est d'être vierge de toutes substances toxiques, si décriées chez leurs homologues pétro-sourcés. Elle présente un réel intérêt d'ordre sanitaire. La question de la toxicité est évidemment très sensible lorsqu'elle concerne les enfants.

Dans les premiers âges, l'enfant porte systématiquement les objets à sa bouche. En plein développement, il est particulièrement vulnérable aux perturbateurs endocriniens comme les bisphénols A, les phtalates et les solvants de toutes sortes. L'usage des biopolymères dans le milieu de la puériculture démontre que l'exigence qualitative et sanitaire envers un matériau concerne d'abord l'enfant avant d'être étendue à l'adulte. À titre d'exemple, la seule loi française régulant le taux maximum de formaldéhyde émanant du mobilier concerne les crèches. « En France, une étude sur la pollution de l'air intérieur dans les crèches a révélé que ce composé organique volatil attaque l'appareil respiratoire [...] Les meubles de ces établissements ne doivent pas dépasser

1. NOTEBAERT Jean-François et SEJEAU Wilfried, *Écoblanchiment : quand les 4x4 sauvent la planète*, éditions Les Petits Matins, 2010, 185 p.



Les jouets **Plantoy** sont réalisés en **Planwood**, un composite à base de latex et de sciure d'hévéa. Le matériau impose encore une mise en forme contraignante par pressé-moulé. La granu-

lométrie de la charge est assez importante, ce qui rend le matériau identifiable. Un vernis végétal à phase aqueuse confère aux objets un fini satiné.



Biobu est une gamme de vaisselle en biopolymère exploitant les déchets de production de la gamme classique d'**Ekobo** en bambou laqué. La cible s'est portée sur les enfants pour les-

quels la vigilance sur la toxicité des matériaux est accrue. Les objets sont une grande réussite sensorielle avec leur densité de couleur, leur grain fin, leur touché sec et leur aspect mate.

100 µ/ m3»¹. Lors de notre rencontre, Alain Pineau, directeur du design de l'entreprise de jouets Plan Toys, m'a confié qu'« il est compliqué d'éveiller le grand public à l'intérêt des bio-polymères »². Selon lui, « seul un scandale sanitaire d'envergure serait en mesure d'entraîner une prise de conscience générale sur les méfaits du plastique pétrochimique. On estime de 2 à 3% la population sensibilisée aux enjeux des produits « vertueux » (dépourvus de produits chimiques) »¹. De même, lorsque Ekobo, un fabricant d'objets de table en bambou, met au point le matériau Biobu, un bio-composite constitué d'une matrice de PLA et d'une charge de poussière de bambou, c'est en premier lieu à travers une gamme de vaisselle pour enfant qu'il voit le jour. Un succès de presse et commercial amènera ensuite le fabricant à décliner le matériau à travers une gamme transversale. L'occasion m'a été donnée d'ouvrir le carton d'un set Biobu

fraîchement acheté. C'est en général à ce moment que se dégage une forte odeur de « neuf » qui peut être grisante pour certains. Or, cette odeur caractéristique témoigne de la présence de solvants hautement toxiques. Les scientifiques interrogés par *Envoyé Spécial*¹ recommandaient même de placer les objets neufs à l'extérieur pendant quelques semaines avant utilisation pour que les solvants puissent s'évaporer. À l'ouverture de l'emballage Biobu, aucune odeur ne s'est manifestée. La nourriture appelle, elle aussi, à une vigilance toute particulière. L'aptitude au contact direct avec l'aliment est une propriété cruciale pour un polymère. Selon l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE), en 2007, le secteur agroalimentaire constitue le premier client de l'emballage plastique.

1. *Envoyé Spécial*, France 2 diffusé le jeudi 6 novembre 2014.

2. Entretien avec Alain Pineau en annexe.

Ainsi 65 % de la production d'emballages plastiques est dédié à la production alimentaire en Europe. Le plastique représente environ 35 % des emballages alimentaires¹. Ce secteur a donc été l'un des terrains de jeu privilégié pour l'introduction des biopolymères, comme en témoignent les boîtes d'œufs Natruplast ou les barquettes en Algopack. Les plastiques bio-sourcés se sont introduits dans la cuisine afin de protéger les aliments lors de leur transport et depuis quelques années, ils s'invitent carrément à nos tables. Les articles de vaisselle en biopolymères fleurissent. Ils ont d'abord été jetables comme les couverts en Mater-Bi de la société italienne Novamont. Des éléments de vaisselle réutilisables pour un usage durable commencent également à sortir. La société allemande Zuperzocial propose ainsi une gamme de vaisselle à l'épreuve des chocs, à la surface mate, sèche et finement grainée. Puisqu'ils sont d'emblée hypoallergénique,

le recours aux biopolymères me semble également pertinent lorsqu'ils entrent dans la confection d'objets entretenant un intime rapport au corps, comme les vêtements, les lunettes, les montres, les chaussures, les bijoux, les brosses à dents, les objets médicaux, les sex toys... Outre l'aspect environnemental, le collectif Malouin Waiting for the Sun² revendique précisément les qualités hypoallergéniques du matériau Bois² qu'ils ont mis au point afin de valoriser les déchets d'usinage de leur production « mère » de lunettes en bois. Les vêtements de sport sont souvent confectionnés en textiles synthétiques. L'effort physique favorise fortement l'assimilation par l'organisme des perturbateurs endocriniens qu'ils contiennent. Le développement de fibres bio-sourcées, offrant les mêmes qualités techniques que leur équivalents

1. Site de l'INSEE www.insee.fr rubrique emballages.

2. Documents PDF Descriptif Bois2 Wait/Sün



Lorsque les biopolymères sont exploités dans la confection d'articles de mode, il est aisé d'imaginer une stratégie de pure communication qui encouragerait la *fast fashion*, la mode

jetable, en raison de la dégradabilité des matériaux. Mais lorsque le lunettier **Waiting for the sun** commercialise ses lunettes en Bois², c'est d'abord la qualité hypoallergénique



offrant un rapport au corps plus sain qui est mise en avant. Les chaussures **Plasticana** composées de PVC recyclé et d'une charge de chanvre. Le PVC est recyclé, certes, mais sa toxicité



avérée est contestable. De plus le rendu de matière est assez troublant, une sorte de peau ambrée, translucide, épaisse, souple et mouchetée. Une botte de pluie déjà sale ...

synthétiques, présenterait donc un intérêt sanitaire certain. La chercheuse allemande Anke Domaske a axé ses études sur les textiles non traités. En 2011, elle ressuscite dans sa cuisine le textile de lait, un textile composé de fibres de caséine inventé dans les années 1930 mais délaissé avec l'arrivée des fibres pétro-sourcées. Elle fonde alors le groupe Qmilk¹. Les polymères bio-sourcés font également l'objet de recherche dans le milieu médical puisque certains ont la particularité d'être bio-compatibles. Le greffon en biopolymère pourra être introduit dans le corps sans risque de rejet. Par ailleurs, à l'inverse de certains polymères bio-compatibles mais pétro-sourcés, là encore le biopolymère se dégrade dans le corps en libérant des nutriments ou des principes actifs. Cela présenterait l'immense avantage d'économiser une seconde intervention chirurgicale nécessaire à extraire l'élément ; on pense à des agrafes de suture, des plaques de

réparation de fractures osseuses...

Dès juin 1999, lors de la Conférence ministérielle Santé et environnement, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) déclarait que « l'environnement est la clé d'une meilleure santé ». L'Institut National de la Prévention et de l'Éducation de la Santé (INPES) précise que l'environnement comprend « l'ensemble des facteurs pathogènes externes ayant un impact sur la santé [...] incluant dans ce terme des paramètres liés à la qualité des milieux (pollution de l'atmosphère, de l'eau, des sols, déchets mais aussi nuisances sonores, insalubrité, etc.) et à l'ensemble des activités humaines (air ambiant, accidents domestiques, violences urbaines, etc.) »². Dans le catalogue du Valorisation et Innovation dans l'Ameublement (VIA) 2014, son directeur général, Gérard Laizé, rappelle

1. Site de Qmilk www.de.qmilk.eu consulté le 8 décembre 2014.

2. Site de l'INPES www.inpes.sante.fr

que la mission du design est « d'intégrer les critères culturels de l'époque – tels que la réduction de l'impact environnemental, l'intérêt croissant du public pour la santé, le confort et le bien-être »¹. L'aspect sanitaire des biopolymères semble donc répondre à une réelle préoccupation sociétale et se révèle donc un nouvel enjeu du design.

Une « substance alchimique »²

En débutant ce paragraphe je pensais évoquer le monopole de l'industrie dans la mise en œuvre du plastique, cette « conversion alchimique de la matière » décrite par Roland Barthes dans les *Mythologies*. « D'un côté la matière brute, tellurique et de l'autre l'objet parfait »². Le bois, le cuir, le métal, le verre sont des matières que l'homme a trouvées dans la nature et qu'il a appris à transformer. Ezio Manzini rappelle dans *Artefact* que chaque fois que l'homme entreprend la matière, l'objet

qui en découle appartient au monde de l'artificiel³. Si le plastique nous paraît plus artificiel que le bois, c'est qu'il n'est pas simplement mis en forme par l'homme, il est la première matière fabriquée par lui. Le plastique pétro-sourcé est le fruit d'une synthèse chimique, d'une « recombinaison fondamentale de la matière »⁴. Le PLA est issu, lui aussi, d'une démarche de synthèse complexe proche de celle des polymères pétro-sourcés. Ce qui n'est pas le cas d'Algopack qui n'est obtenu qu'après séchage sous étuve. Le polymère n'est pas synthétisé artificiellement, il existe déjà à l'état naturel.

1. LAIZÉ Gérard (sous la direction de), *Catalogue du VIA 2014*.

2. BARTHES Roland, *Les Mythologies*, Éditions Points, (Essais), 1970, p187

3. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Éditions Centre Georges Pompidou, 1991

4. KULA Daniel, *Les 101 mots du matériau dans le design à l'usage de tous*, Archibooks, Paris, 2014, p 38

Par ailleurs, Sandrine Hoppe¹ m'a indiqué l'existence du PHBV développé par Eco Bio cap partners. Il s'agit d'un bio-polymère dont la synthèse est générée par fermentation de petit lait grâce à des bactéries. La procédure de synthèse chimique est biologique. Ce qui est évidemment beaucoup plus rapide et moins gourmand en énergie. Ainsi, l'aspect « alchimique » des polymères pétro-sourcés, conférant à l'Homme un statut presque divin de créateur de la matière, tend à s'estomper avec les biopolymères pour inclure de nouveau des phénomènes naturels dans la production de la matière. La chimie devient « douce » et devient un enjeu d'économie d'énergie. La première mise en oeuvre du plastique survient dès l'enfance avec la pâte à modeler, puis la pâte Fimo que l'on cuit au four. Grégory Parsy est un designer rennais, j'ai eu l'occasion de suivre ses cours du soir aux Beaux-Arts de Rennes durant ma licence d'histoire

de l'art. Sa maîtrise de la mise en oeuvre des polymères a donné l'orientation du cours. J'y ai alors découvert un artisanat du plastique alors que ce matériau me semblait le plus industriel qui soit. Nous avons eu l'occasion d'expérimenter la résine époxy et la résine d'inclusion, la mousse polyuréthane et le silicone, l'alginate et la fibre de verre. Les émanations s'échappant lors de leur manipulation étant toxiques, l'aération fonctionnait à plein régime. Nous devons régulièrement apporter des récipients de récupération tant les gants dépôts les endommageaient. Nous portons des gants et des masques. Les déchets étaient évidemment jetés à la poubelle, aucune chute n'était réutilisée. Si la peau venait à être touchée, il n'était pas facile de s'en débarrasser tant ces matériaux étaient visqueux, collants et nauséabonds. Avec le recul, jamais le contact avec un matériau ne m'a semblé si pénible et moins

1. Entretien avec Sandrine Hoppe en annexe

sensuel (bien que la polymérisation de la mousse polyuréthane soit un spectacle très amusant). Seul l'alginate, composé d'algue, conservait un rapport agréable à la peau. À mon arrivée à l'Ensa de Nancy, le premier exercice qu'il nous a été proposé par l'atelier « volume », était de réaliser la matérialisation d'un adjectif. Je me tourne spontanément vers une intrigante machine : la thermoformeuse. Mon apprivoisement de cette technique aura engendré un nombre conséquent d'essais ratés et autant de plaques de PVC mises à la poubelle. La découverte des thermoplastiques a cependant été plus satisfaisante car ils autorisaient le retour en arrière, une correction était possible. La mise en forme des biopolymères est globalement la même que celle des polymères pétrochimiques : les procédés d'extrusion, de soufflé-moulé, de rotomoulage, de thermoformage... Si le parc machine reste le même, les biopolymères exigent

cependant une phase d'expérimentation afin de mettre au point les bons réglages. Les moules nécessitent parfois eux aussi une légère adaptation. La mise en forme de certains polymères bio-sourcés peut être en revanche plus délicate, comme la galalithe qui exclut l'injection, le rotomoulage ou l'extrusion. Elle ne peut qu'être pressée étalée ou moulée, découpée puis usinée, ce qui contraint bien sûr la conception de la forme. Le planwood (matrice latex et charge hévéa) se présente sous forme de pâte visqueuse, ce manque de fluidité impose le moulage par pression. Les biopolymères présentent souvent des qualités mécaniques plus faibles que leur homologues pétrochimiques. Sandrine Hoppe m'a indiqué que la température de fusion des polymères bio-sourcés était proche de leur température de dégradation. Lors de leur mise en forme par injection par exemple, la matière est soumise à d'importantes contraintes thermomécaniques.

La matière entraînée par la vis sans fin subit de forts cisaillements, qui cassent les chaînes moléculaires. Ce phénomène fait monter en chaleur le polymère, la maîtrise de température entre fusion et dégradation n'est donc pas aisée. Déjà fragilisés par leur mise en forme, certains sont parfois également sensibles à l'hygrométrie. L'eau s'imprègne et les rend cassant. Par ailleurs, l'objet en plastique requiert la plupart du temps un moule, intermédiaire entre le matériau et l'objet fini. C'est de l'ordre du magique, le plastique relève de « l'alchimie »¹. Toute fois, Sylvia Katz évoque « les cicatrices de sa fabrication : lignes de soudure, repères, bavures, traces laissées par les broches d'éjection »². Les coûts extrêmement importants des moules impliquent une certaine échelle de production, une sérialité. L'impression 3D propose une alternative puisqu'elle permet de se passer de moule. Elle offre la possibilité de réaliser des objets uniques de manière

spontanée. Elle impose cependant de nouvelles contraintes techniques, une plus grande prise en compte de la gravité qui implique la présence de support, des dimensions de pièces induites par la taille de la machine. La qualité des matériaux est un réel enjeu vers un développement de l'usage fonctionnel des pièces produites par impression 3D. Il est donc crucial que le recyclage, le compostage, la prise en compte des qualités intrinsèques et l'amélioration des performances mécaniques des biopolymères soient effectifs afin d'en faire des partenaires privilégiés des techniques d'impression 3D. Le Fabshop et Algotpack, deux sociétés de Saint-Malo, ont mis au point un fil de biopolymère à base d'algue brune capable d'être extrudé par impression 3D.

1. BARTHES Roland, *Les Mythologies*, Éditions Points, (Essais), 1970, p187

2. KATZ Sylvia, *Les Plastiques, de la bakélite au high-tech*, Éditions Denoël, Paris, 1985.p7

Coût de la matière

Les biopolymères rencontrent de vrais problèmes de compétitivité par rapport aux polymères pétro-sourcés. C'est avec surprise que j'ai découvert lors de mon stage chez matériO qu'un nombre important de sociétés faisaient faillite. Chaque mois, des fiches de matériaux doivent être supprimées car les entreprises n'existent plus. Selon la fiche technique des biopolymères de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), datant de septembre 2013, « les coûts de production des matériaux polymères biosourcés sont encore deux à six fois plus élevés que ceux des plastiques issus de la pétrochimie »¹. La fiche explique ces tarifs par « le coût des matières premières, de leur transformation mais aussi de la recherche et par l'amortissement des investissements »¹ mais prévoit leur diminution grâce à l'augmentation des marchés et

aux économies d'échelle engendrées. Le plastique pétrochimique a bénéficié d'un amortissement depuis les années 1950, la filière a été optimisée au maximum. Il faut donc laisser le temps aux biopolymères de développer leur propre circuit. Engendrés par une production déjà existante, qu'ils soient des déchets de production ou des parties de végétaux non comestibles, les coproduits représentent un espoir. On imagine que les coûts d'investissement et de production sont moins importants que celui de biopolymères non coproduits. En revanche, attendre que la raréfaction annoncée du pétrole fasse augmenter son prix me semble long et illusoire. Les lobbies du pétrole sont très puissants et investissent de grosses sommes dans les technologies permettant d'exploiter des sources, toujours plus difficiles d'accès.

1. Site de l'ADEME www.ademe.fr rubrique biopolymères

50 L'exploitation du gaz et du pétrole de schiste aux États-Unis en témoigne. Ainsi, l'échéance d'une réserve de pétrole tarie d'ici une cinquantaine d'année, ne cesse de reculer. Et même si l'ensemble des ressources fossiles mondiales venait à s'éteindre, le pétrole serait produit artificiellement. Marc Ponçot, chercheur à l'Institut Jean Lamour en chimie des polymères, m'a appris lors de notre rencontre, l'existence d'une technologie brevetée par l'entreprise espagnole Bio Fuel Systems, reposant sur des micro-algues capables de produire du pétrole à partir de CO₂. Cette entreprise promet de diminuer de 20% les rejets industriels de CO₂ en accélérant le processus naturel de formation du pétrole. Elle annonce pouvoir produire du carburant et des polymères de manière très rentable. « D'ici 2020 et selon une feuille de route clairement établie, BFS prévoit de commercialiser 50 usines »¹. La fabrication de ces produits évite sans doute en

partie le rejet du CO₂ dans l'atmosphère. En revanche, la combustion de carburants issus du pétrole, qu'ils soit fossiles ou non, produira toujours des pollutions atmosphériques par le rejet de CO₂. Les déchets de plastiques pétro-sourcés non traités contribueront toujours à endommager les milieux terrestres et océaniques. Il devient urgent de prendre en compte les externalités négatives des objets non-issus d'une démarche d'éco-conception. C'est-à-dire d'inclure dans le prix des produits, le coût des dommages sociaux et environnementaux qu'ils entraînent. La politique du pollueur-payeur était un premier pas dans cette direction mais elle s'est rapidement transformée en un permis à polluer. Il est important que l'utilisateur soit lui aussi sensibilisé afin qu'il devienne un réel prescripteur. Si les objets polluants

1. Site de Bio Fuel Systems www.bfs-france.com/ consulté le 30-10-2014.

deviennent plus chers, les objets éco-conçus, dont les prix n'auront pas changé, en seront nettement plus attractifs. À l'issue du Grenelle de l'environnement, l'ADEME a commencé à étudier la mise en place d'une signalétique environnementale qui serait posée directement sur les produits de consommation courante. L'impact du cycle de vie des produits et de leur emballage deviendrait clairement lisible et pourra donc orienter l'achat. L'ADEME a chargé l'Institut technologique FCBA2 du développement d'une méthodologie d'évaluation s'appuyant sur les logiciels d'analyse de cycle de vie des produits. Il est crucial que ces évaluations se basent sur différents critères afin d'éviter le report de pollution. Onze critères ont été retenus, mais là encore, leur sélection est une affaire délicate¹. Les indicateurs relèvent notamment l'impact climatique et la destruction de ressources non renouvelables, les flux (la consommation d'eau

et d'énergie, les rejets), la conception (le produit sera facilement démontable, sera recyclable), l'activité de l'entreprise (certification ISO14001, pourcentage de produits éco-conçus ...)². La mise en place de ces critères devrait favoriser le développement des biopolymères.

La production des biopolymères est-elle soluble dans l'industrie ? Avec la gamme de plastiques Mater-Bi, Novamont est l'un des précurseurs dans la production industrielle des biopolymères. Cette gamme offre différents grades afin de répondre à une grande variété de besoins. Ces matériaux sont composés d'amidon de maïs, d'huile végétale et parfois de ressources fossiles dont les proportions varient en fonction des applications.

1. LAIZÉ Gérard (sous la direction de), *Catalogue du VIA 2014*.

2. KULA Daniel TERNAUX Élodie, *Materiology, Frame, Birkhäuser*, 2008, p348.

La société assure que les ressources végétales sont produites en Europe, ne sont pas génétiquement modifiées et ne convoitent pas de terrain vierge ou issu de la déforestation. Elle affirme que « Les substances produites à partir de ressources fossiles ne sont utilisées que lorsque leur équivalent renouvelable n'est pas disponible à échelle industrielle »¹. Cet exemple me plonge dans le désarroi car il serait bienvenu de saluer le rôle précurseur de Novamont d'encourager son engagement contre les OGM et la déforestation. Seulement l'entreprise utilise des ressources comestibles et fossiles pour assurer les quantités massives qu'exige l'échelle industrielle. La production de biopolymère est-elle soluble dans l'industrie ? La situation est délicate car la production industrielle permet de réaliser des économies d'échelle, de contribuer à la recherche, d'amortir les investissements et d'optimiser les processus. Elle offre également une visibilité via une distri-

bution massive. On peut donc imaginer que le développement des biopolymères a besoin de l'industrie. Mais force est de constater que l'aspect environnemental des biopolymères devient très vite extrêmement relatif dès lors qu'il passe à cette échelle. L'intégrité d'une production à l'impact environnemental neutre passe souvent par une réduction du transport, des quantités produites et consommées, un ralentissement des cadences qui ne sont pas toujours compatibles avec les ambitions industrielles. Par ailleurs, les brevets protègent les industries et leur permettent de valoriser les risques et les investissements. Déjà dénoncés moralement par Victor Papanek dans *Design pour un monde réel*², ceux-ci paraissent de plus en plus en inadéquation avec une société du

1. Site de Novamont www.novamont.com consulté le 8 décembre

2. PAPANEK Victor, *Design pour un monde réel*, Mercure de France, (environnement et société), Poitiers, 1974, p25.

travail collaboratif et de l'open-source. Si au XXème siècle, la démocratisation était la force éthique de l'industrie qui relevait selon Manzini de « l'équation : des lendemains meilleurs = diffusion de produits », « l'idée qu'en augmentant la production on répand automatiquement le bien-être ne fonctionne plus »¹, il semblerait que l'ère du numérique tend à redéfinir les paramètres de la démocratisation. Il est fort à parier que bien que la population augmente, l'industrie du XXIème ne sera par nécessairement une industrie de masse, c'est à dire de quantité mais une industrie de qualité.

1. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991, p 82.



Quand Saintluc propose à François Azambourg de concevoir une chaise en fibre de carbone, le designer préfère explorer des alternatives végétales. La fibre de lin est associée à une

résine époxy composée à 80% d'élément végétal pour composition globale à 94% bio-sourcée. Le matériau obtenu est à la fois renouvelable, léger et résistant. C'est ainsi que naît la



chaise *Lin94*, sacrée en 2009 par le label Observateur du Design. Jean-Marie Massaud conçoit le fauteuil *Coach*. Noé Duchaufour-Lawrence, auteur de la table *Dual*, évoque une « rencontre

entre un matériau technique à hautes performances suggérant l'univers de l'aéronautique avec la chaleur du végétal ». www.saintluc.fr



Laurent Greslin imagine un fauteuil bridge nommé **Stacked** composé de trois parties : une coque en sciures de bois, graines et résidus agricoles agglomérés par un liant végétal,



une peau de cuir ou de feutre et deux planches de bois à la fois pieds et accoudoirs. Le VIA lui accorde une aide à projet en 2014. Il obtient le label Observateur du design en 2015.



Adrien Rovero conçoit le tabouret **Particules** constitué de particules de bois liées grâce au tannin. L'assise fait l'objet d'une aide à projets du VIA en 2008. Dans les deux cas, les designers

ont accordé un soin particulier à la simplicité des assemblages afin de réduire l'encombrement au transport et faciliter le démantèlement et le tri des différents composants en fin de vie.

Partie • Conception

La vocation du designer est éminemment démocratique. Cette idée du «beau pour tous» s'épanouira dans les années 1950 sous la forme de la consommation de masse. Mais les années 1970 connaissent le premier choc pétrolier et le designer se voit attribuer une bien piètre réputation. Le théoricien Willem Flusser évoque alors le design comme «une mauvaise intention, une conspiration»¹, Victor Papanek, l'un des précurseurs de l'éco-design, ouvre *Design pour un monde réel* en affirmant que «Peu de professions sont plus pernicieuses que le design industriel». Il accuse le designer d'inventer de nouveaux types de débris indestructibles qui envahissent la nature, de choisir des matériaux et des techniques de production qui polluent l'air que nous respirons. Il ira même jusqu'à les qualifier de «race fort dangereuse». Les designers sont accusés d'être soumis au capital, de fournir un geste cosmétique au service de l'obsolescence programmée. À tel point

qu'en 1973, Ettore Sottsass confesse son agacement à travers le pamphlet *Je suis très méchant*. Une quarantaine d'années plus tard, il est vrai que le designer en devient porte ce lourd héritage, dans un contexte où le réchauffement climatique, le tarissement des ressources et la destruction des milieux ne sont plus des prévisions mais des faits avérés dont nous commençons à subir les premières conséquences sur notre quotidien. La question morale d'exercer un métier consistant à créer de nouvelles choses dans un monde limité et asphyxié se pose. La notion de responsabilité environnementale, sociale et économique, développée par Hans Jonas en 1979, n'a jamais été aussi pressante⁴.

1. FLUSSER Willem, *Petite philosophie du design*, (essai), Circé, Paris, Lonrai, 2002, p 7.

2. PAPANEK Victor, *Design pour un monde réel*, Mercure de France, (environnement et société), Poitiers, 1974, p23.

3. SOTTASS Ettore, *Je suis très méchant*, 1973.

4. JONAS Hans, *Le principe responsabilité*, (Champs essai), Flammarion, Paris, 2009, 345 p.

Aujourd'hui, la mission du designer ne semble plus être l'amélioration de l'habitabilité du monde mais la préservation de l'habitabilité du monde¹. L'acceptabilité sociale des contraintes liées à un mode de vie soutenable est donc un chantier majeur pour le designer. Les préceptes de l'éco-conception préconisent une vision globale et surtout multi-critères. Le choix du matériau est absolument crucial. Choisir un matériau, c'est cautionner le système dans lequel il est produit. Il s'agit donc d'un engagement de la part du designer. Ezio Manzini le décrit comme « le premier terrain de réflexion ». Mais il précise qu'il ne doit pas être le seul, que le démantèlement, le montage-démontage-remontage et la recyclabilité de l'objet sont également des axes de travail². Le matériau seul, même s'il répond aux critères évoqués dans la première partie, ne suffit pas à faire de l'objet conçu, une entité raisonnée. L'objet ne peut plus être pensé comme une pièce

autonome mais plutôt comme un élément au service d'un système global. L'ADEME préconise en priorité à la « limitation de la production de biens à usage unique ou courte durée de vie en maximisant la prévention et le réemploi »³. Selon elle, « la production de biopolymère reste marginale vis-à-vis de l'ensemble de la production de plastique. En 2010, elle ne s'élève pas à plus de 0,3% dans le monde. L'agence leur promet « un grand essor notamment dans le domaine de l'emballage »³. Quel rôle le designer peut-il jouer dans le développement et l'adoption pertinente des biopolymères ? Comment peut-il se les approprier afin d'en faire la meilleure utilisation ?

1. VIAL Stéphane, *Court traité du design*, puf, Paris, 2010, p.

2. MANZINI Ezio, *La matière de l'invention*, coll. Inventaire, Centre Georges Pompidou, Paris, 1989, p17.

3. Site de l'ADEME www.ademe.fr rubrique plastique bio-sourcé.

La fête est finie ! Une gueule de bois post-Trente Glorieuses

La scène se déroule à l'aube des années 1960. Une famille américaine est installée sur une pelouse arborée au bord de la route. Les personnages sont allongés paisiblement sur une couverture, un repos qui semble faire suite à un généreux pique-nique. On aperçoit une glacière rouge. D'autres accessoires ainsi qu'un ensemble de débris jonchent la couverture. Le père initie le départ. Il termine les dernières gorgées de sa canette et la lance au loin à la manière d'un joueur de *baseball*. Le couple regroupe ses affaires. La mère secoue la couverture, laissant les déchets retomber sur la pelouse. La famille rejoint la voiture. La Cadillac sort du champ¹. La scène manifeste toute l'ambiguïté avec laquelle nous percevons cette période. Cette Arcadie moderne, époque douce et faste, attise d'abord chez nous une

certaine nostalgie. Puis surgit un arrière goût amer qui accuse cette insouciance d'être responsable des maux que nous subissons aujourd'hui. Vu de 2014, un tel comportement apparaît gênant voire choquant. Or, à l'aube des années 1960, il est tout à fait banal, logique, partagé de tous et notamment par la communauté WASPs des banlieues chic américaines éduquées et soucieuses des « bonnes manières ». C'était moderne, c'était le progrès, l'arrogance insouciance de l'enfant gâté. Le progrès selon Ezio Manzini était « l'idée au nom de laquelle, toute intervention sur l'environnement, toute manipulation du substrat naturel paraissait admissible »². Les comportements dépendent de normes et de valeurs. La normalité d'un comportement est une création sociale, les normes

1. Mad Men, épisode 7 *The gold violin*, saison 2, 2008.

2. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991, p47.

peuvent être construites, déconstruites, reconstruites. Elles ne sont pas immuables. En 1959, apparaît le premier supermarché Carrefour en France. On propose alors un endroit qui regrouperait à lui seul une infinité de produits couvrant tous les besoins. La diversité de choix, l'attractivité des prix des produits et de l'essence (une station service accompagne systématiquement les grandes surfaces) participent à appâter le consommateur qui est alors prêt à parcourir une vingtaine de kilomètres en voiture pour s'approvisionner. Un arsenal de stratégies se met en place afin de le pousser à consommer toujours plus. Les habitudes et les comportements de consommation que nous connaissons aujourd'hui sont le fruit d'une lente construction dont la promesse de confort et d'une vie moins chère ont été les outils d'acceptation. Ce mode de vie était considéré comme un progrès.

L'« idéologie de la domination de la

nature »¹ a été adopté de façon majoritaire dans les cultures chrétiennes suite à des interprétations approximatives de la Bible. « On lit dans la Genèse " Soyez féconds et prolifiques, remplissez la Terre et dominez-la. Soumettez les poissons de la mer ". Le terme *Kabash* est traduit par *dominer* » or le théologien Martin Kopp soutient qu'« il correspondrait davantage à un devoir de responsabilité à la manière d'un roi envers son peuple que d'un asservissement tyrannique ». Depuis les années 2000, une accélération de la prise de conscience des limites des ressources amène l'opinion publique à un raisonnement opposé. Les valeurs environnementales pénètrent ainsi peu à peu l'ensemble de la société.

1. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991, p47.

2. LATOUCHE Serge et KOPP Martin, conférence *La décroissance une solution ?*, 29 avril au Pôle Européen de gestion de Strasbourg. (Genèse 1,28)

Elle est ressentie comme un retour à l'âge de pierre. Le terme « décroissance » est une négation, un véritable répulsif. Mon séjour à Strasbourg pendant mon stage chez Philippe Riehling, m'a donné l'occasion d'assister à une conférence de Serge Latouche à l'université de Strasbourg. L'échange avec l'auditoire en fin de conférence m'a permis de l'interroger sur les raisons du choix de ce terme. Il avoua qu'il s'agissait d'une provocation, afin d'attirer l'attention sur le sujet. « Pour être rigoureux, il faudrait davantage parler d'a-croissance, une forme agnosticisme de l'économie ». Il développe également l'oxymore « abondance frugale ». « La frugalité est une condition à l'abondance ». Il ne s'agit pas de revenir à l'âge de pierre mais de réorganiser nos systèmes de besoins matériels. Le ressenti de ces besoins est le fruit d'une éducation, d'un formatage visant à satisfaire l'économie de marché. Et si la société de consommation de masse

n'était qu'une digression ? Il n'y aurait alors pas de retour en arrière, simplement un retour à la raison. J'ai pu découvrir, au cours de ma visite de l'exposition *Matière Grise*, que ce sentiment était partagé par Laura Foulquier, docteur en Histoire de l'art médiéval à l'université Blaise Pascal, Clermont II à l'égard du réemploi. « La période actuelle prend donc l'allure d'une parenthèse historique, où le réemploi est exceptionnel alors qu'il a constitué l'une des règles conditionnant l'architecture au cours des siècles passés »¹.

Si le designer a été accusé d'être l'artisan des déraisons de la société de consommation, ne peut-il pas user de ses outils pour initier de nouveaux comportements de consommation ? Le designer ne doit-il pas capter les nouvelles valeurs,

1. ENCORE HEUREUX, CHOPPIN Julien et DELON Nicolas (sous la direction de), *Matière grise*, Pavillon de l'Arsenal, Paris, 2014, p 62.

les nouvelles normes afin de proposer une nouvelle définition du confort qui ne soit pas synonyme de boulimie d'objet ?

L'acceptabilité psychologique

Depuis les origines de son métier, le designer accompagne les évolutions de comportement. Certains des objets qu'il va concevoir sont pensés comme des réponses à des besoins nouveaux engendrés par ces changements. Pour définir le rôle du designer, il faut identifier les causes de ces modifications. Jusqu'alors elles venaient de l'Homme. Elles étaient basées sur une corrélation entre recherche de confort, avancées technologiques, mutations sociales ... Or la difficulté de l'éco-conception réside dans l'extériorité des raisons qui nécessitent ces transformations de comportement. En effet, l'instance qui exige le changement n'est pas l'Homme mais son environnement.

Evidemment, la survie de l'homme dépend de cet environnement mais les menaces ne sont pas assez perceptibles dans son quotidien. Le rôle du designer dans une démarche d'éco-conception n'est donc plus seulement de répondre à une problématique existante et consciente, un rôle de pansement guérisseur. Il s'agit davantage d'un rôle préventif, d'initier par des objets et des dispositifs des comportements qui éviteraient les problèmes encore imperceptibles. Il s'agirait alors d'intérioriser la nécessité de changement afin qu'il ne soit pas perçu comme subit mais adopté spontanément. L'enjeu de l'éco-conception n'est pas d'appivoiser un comportement spontané mais de le construire. Le designer conçoit un objet « catalyseur ». « Aussi n'a-t-on pas à attendre du design du comportement qu'il impulse une direction autoritaire aux mouvements, mais au contraire qu'il sache se faire transparent, souple, invisible, de manière à ce que le

comportement se vive comme une action libre et rationnelle, et non comme acte de soumission à un mot d'ordre explicite »¹. Le designer joue donc un rôle social de prescripteur. Raymond Loewy décrit dans *La laideur se vend mal*, la responsabilité du designer dans l'acceptabilité psychologique et culturelle d'un nouvel objet dans la société. La mission de Loewy était d'appivoiser la technologie naissante jugée effrayante. Les engins électriques fleurissaient, le nombre de composants était multipliés. Loewy estima leur allure beaucoup trop compliquée et en contradiction avec son idée de modernité qui visait à simplifier les formes. Il fit alors une comparaison à l'élégance douteuse en assimilant la technologie et les mécanismes d'un objet aux « entrailles de Brigitte Bardot, elles sont nécessaires mais repoussantes. Il faut alors créer une enveloppe agréable à regarder »². La peau est une enveloppe, que l'on sait fonctionnelle mais qui joue indéniable-

ment un rôle cosmétique. Loewy adopte le « capotage », un principe emprunté à la construction automobile qui vise à envelopper les objets d'une coque. Ce principe pousse également Loewy à revoir ses ambitions formelles lorsqu'il les estime trop avant-gardistes. Si un objet rompt de manière trop brutale avec les formes déjà existantes auxquelles sont habitués les consommateurs, il peut arriver que ceux-ci les boudent. Le produit se vend mal. Loewy a donc, tout au long de sa carrière, lentement distillé sa simplification formelle comme pour éduquer progressivement le consommateur ¹. L'acceptabilité psychologique est le résultat d'une forme d'éducation de l'utilisateur par l'objet créé

1. DAUTREY Jehanne, QUINZ Emanuele (sous la direction de), *Strange Design*, It: éditions, Villeurbanne, 2014, p355.

2. LOEWY Raymond, *La laideur se vend mal*, (tel) Gallimard, Paris, 2012 [première parution en 1953] p231-234.

Exposition *Algocultures*, Pavillon de l'Arsenal, du 7 décembre 2013 au 9 février 2014.

par le designer. Consciente de cet enjeu, Anouk Legendre (agence X-TU architectes), explique que l'exposition du prototype de leur projet de parois d'algoculture au Pavillon de l' Arsenal leur avait semblé nécessaire afin de tester son « acceptabilité sociale »¹ auprès du grand public. Ce que l'on retiendra de l'expérience de Raymond Loewy c'est la nécessité de progressivité dans la pédagogie. L'intériorisation des enjeux environnementaux dans notre rapport aux objets doit être douce, graduelle et réjouissante.

« Bon à jeter »²

L'acceptabilité psychologique est une notion que Loewy maîtrise parfaitement. Les dessins des objets qu'il conçoit se trouvent toujours dans un équilibre tendu entre simplification formelle et acceptabilité psychologique. Cette stratégie de simplification formelle est utilisée dans la mise

en place de l'obsolescence programmée. C'est à dire le renouvellement annuel puis semestriel des lignes des objets afin de dévaluer psychologiquement des objets en parfait état de fonctionnement. Il s'agissait au lendemain de la crise de 1929 de relancer la consommation, en trouvant un moyen de renouveler les équipements des ménages dont le marché commençait à être saturé. La maîtrise de l'acceptabilité psychologique fait donc partie d'un arsenal de stratégie marketing qui a construit peu à peu la société de la consommation de masse. Elle fait partie d'un programme implicite d'éducation des masses. Ce renouvellement de l'équipement atteindra son paroxysme avec la naissance des objets à usage unique ou jetables. Les arguments sont multiples, l'hygiène,

1. Exposition *Algocultures*, Pavillon de l' Arsenal, du 7 décembre 2013 au 9 février 2014.

2. MANZINI Ezio, *La matière de l'invention*, coll. Inventaire, Centre Georges Pompidou, Paris, 1989, p17.

la rapidité, la légèreté, la praticité ... Pendant les Trente Glorieuses, le pétrole est abondant et extrêmement bon marché, le plastique d'origine pétrochimique devient le fer de lance de cette ère du jetable. Il permet d'appuyer l'adoption de ce principe par un argument budgétaire. À l'achat, les objets jetables sont moins chers que leurs homologues réutilisables. Les consommateurs ne se projettent pas dans le long terme en calculant le nombre de paquets de gobelets jetables qu'il faudra acheter pour atteindre la durée de vie d'un verre, ce qui rendrait le verre terriblement plus attractif. « Le plastique est tout entier englouti dans son usage : à la limite, on inventera des objets pour le plaisir d'en user »¹. Leur statut d'objet laisse place au stricte usage. « Nous ne voyons plus en lui (le plastique) une entité concrète mais un service ». Les objets jetables de masse sont aseptisés, ils n'ont pas d'histoire, ni passée, ni future. Ezio Manzini pointe

une perte de la fonction de « support de souvenirs » que portent les objets réutilisables. Leur existence ne s'incarnerait que dans le « flux continu de leur passage dans notre vie »². Ils ont aboli la relation affective que l'homme peut entretenir avec ses objets. Ils remettent en question le principe de possession. La dépossession peut être envisageable lorsque un objet durable et robuste est mis en commun pour maximiser son usage. Les systèmes Vélib' et Autolib' en libre service affichent d'ailleurs un franc succès. Un objet réutilisable entraîne une sorte d'échange tacite homme/objet. L'objet assure une fonction, en contrepartie l'utilisateur l'entretient pour assurer la longévité du service. L'utilisateur est responsable.

1. BARTHES Roland, *Les mythologies*, Éditions Points, (Essais), 1970, Paris, p189.

2. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991, p71-74.



Couverts jetables de **Novamont** à droite et ceux de **Padora Design** à gauche, tous constitués de **Materbi**. Force est de constater que les entreprises italiennes accordent un soin in-

contestable à la ligne de leur objets jetables en biopolymère. Ainsi le matériau **Materbi** est volontier associé à une image haut-de-gamme d'objets éphémères mais élégants.



Ce n'est, en revanche, pas le cas du fabricant américain **Natureworks** qui vise une simple substitution par son matériau **Ingeo** des polymères pétro-sourcés dans la confection

d'emballages les plus banals.

Le compostage

Les biopolymères sont souvent présentés comme des alternatives au plastique dans la confection des objets jetables. Leur prise en charge en fin de vie est solutionnée par les industriels par le compostage. Or, pour l'instant les systèmes de compostage individuels et collectifs ne sont pas encore mis en place de manière massive. Quelques initiatives citoyennes voient le jour à Strasbourg, Brest, Lille. À Nantes, le projet des Ekovores est indépendant de toutes institutions. Le projet est né dans le studio des Faltazi¹, un duo de designer très impliqué dans les questions d'agriculture urbaine. En Lorraine, l'initiative est issu d'un programme du Grand Nancy qui gère le développement de l'agglomération. Institutionnels ou citoyens, ces projets sont encore en phase d'essai sur des échelles très restreintes. A l'heure actuelle, les objets en biopolymères sont

davantage jetés à la poubelle que composés. Ils sont alors incinérés et «valorisés» en énergie plutôt que d'être réinsérés dans un cycle organique. L'incinération est certes intéressante d'un point de vue énergétique mais engendre des émissions de CO₂. Le chantier du designer réside à la fois dans l'analyse des cycles de recyclage mais également de compostage. Pour qu'il soit cohérent, le compostage doit conserver une échelle hyper locale. La logistique du compostage, son usage souvent perçu à tort comme étant non hygiénique, les questions de stockage qu'il pose, de transmission du savoir-faire sont toutes des problématiques dont le designer doit s'emparer afin de favoriser l'adoption des biopolymères en amont.

Réutilisable

«Aujourd'hui les problèmes de quantité ont

1. www.faltazi.com et www.lesekovores.com

été balayé par des problèmes de qualité. Non pas que les questions de quantité ne se posent plus, elles sont au contraire urgentes (selon les cas les quantités doivent augmenter ou diminuer). Mais si progrès il y a, on se rend compte qu'il ne pourra être apprécié qu'en terme qualitatif¹. Par ailleurs, la nature éphémère de l'usage unique entraîne une cadence de production qui n'est pas celle de la croissance du végétal. Le recyclage et le compostage ne sauront excuser le gaspillage des ressources. Il est souhaitable de repousser au maximum le recours à ces pratiques en favorisant la réutilisation et le réemploi. En effet, le tri, le traitement et le transport des matières ainsi que la production de nouveaux objets ont un coût financier et environnemental qui doit être pris en compte. Là encore, le designer joue un rôle déterminant dans l'acceptation des contraintes en imaginant des scénarios et des objets qui feraient de la réutilisation,

le réemploi, le recyclage et le compostage des pratiques intuitives. Le designer est responsable de la vie et de la fin de vie de son objet et de manière indirecte de l'incurie de son utilisateur comme le défend Victor Papanek dans *Design pour un monde réel*. Une fois sorti de fabrication, l'objet échappe au designer, il ne lui appartient plus. On imagine que la dégradabilité d'un objet puisse excuser son abandon dans un milieu naturel. Un biopolymère, peut effectivement être assimilé par le milieu naturel au bout de plusieurs années même s'il n'est pas traité par le compostage mais il ne doit en aucun cas déresponsabiliser l'utilisateur.

Une esthétique écologique ?

La séduction formelle, le renouvellement des lignes a souvent été utilisées, nous

1. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991, p82.

l'avons vu précédemment, en s'inscrivant dans une stratégie marketing visant à la consommation de masse. Elle est donc perçue comme pernicieuse. Enzo Mari dénoncera clairement le formalisme à travers le programme *Autopregettazione*. Tiphaine Kazi-Tani a rappelé, lors de la journée d'étude sur l'Éco-conception organisée entre autre par Philippe Riehling, que dans la racine indo-européenne « doxa »¹, qui aboutit aussi bien à l'ornement, la parure, que la gloire, « ce qui est séant est saillant »¹. Il existe, selon elle, un va-et-vient entre la conduite morale et la forme produite. Hérodote renvoie à ce qui est distingué, noble. Il y aurait une reconnaissance entre conduite et apparence convenable.

La Callimorphie²

D'un point de vue social et usuel, le délaissement des objets jetables au pro-

fit d'objets réutilisables apparaît comme un bouleversement qui entraînerait une perte de confort d'usage. Cela semble contraignant. La séduction formelle peut alors devenir un outil indispensable. La « callimorphie », comme la décrit Stéphane Vial, vise à procurer « un appoint de plaisir », elle est « l'art d'enchanter l'existence quotidienne par les formes »². Les objets, les services et les modes de production doivent donc être en eux-mêmes convainquants. Si leur prix ou leur usage ne sont pas à même d'attirer l'utilisateur, c'est peut-être dans la forme que doit résider l'attraction. Prenons l'exemple des couches lavables, elles permettent de diminuer considérablement la masse de déchets et d'allergies cutanées. Cependant, une couche lavable est plus chère à l'achat que son homologue jetable et son usage

1. Note de la journée d'étude sur l'éco-conception.

2. VIAL Stéphane, *court traité du design*, puf, Paris, novembre 2012, p118.

semble très contraignant. Pour pallier ce découragement, un soin tout particulier doit être accordé à sa forme, à sa couleur afin de séduire l'utilisateur. Il s'agit d'en faire un objet de désir pour contrebalancer ses contraintes. En ce sens, les couches Hamac ont été primées lors de l'exposition de l'Observateur du design 13 « Design où es-tu ? »¹. Ainsi la qualité formelle d'un objet ou d'un système a priori rebutant contribue à le rendre psychologiquement acceptable. Dans *Artefacts*, Ezio Manzini, remet en question la notion d'utilité qui semble devenue toute relative au sein d'une « hiérarchie des besoins où la qualité passe après la quantité ». Il rappelle que « le beau est utile - en ce sens que vivre dans un environnement agréable, cohérent avec sa propre culture est aussi un des besoins essentiels de l'homme »². Ainsi la valeur écologique d'un projet ne pourrait faire abstraction de la notion d'agrément et de plaisir sensoriel.

Un matériau travesti

En janvier 2014, je profite de mon pèlerinage en terre natale à l'occasion des fêtes de fin d'année pour m'entretenir avec Remy Lucas, PDG d'AlgoPack³. L'entrepreneur garde jalousement le secret des processus de fabrication de son matériau issu du goémon de Saint-Malo. Il ne me laissera donc pas visiter l'usine. Je saurais simplement que les algues sont placées sous étuves afin de sécher suffisamment pour obtenir la viscosité désirée. Le polymère existe à l'état naturel, il n'y a pas d'intervention de la main de l'homme dans sa chimie. Il s'agit uniquement de déshydrater suffisamment le végétal. Rémy Lucas me reçoit en revanche dans son bureau pour me présenter différents échantillons.

1. Catalogue *Design où es-tu ?* Observateurs du design 2013

2. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991, p49.

3. Site d'AlgoPack www.algopack.com

74 Le premier, un bouchon de cosmétique, est constitué d'aglopack, c'est à dire de 100% d'algues brunes. Il me confie qu'il ne s'agit que d'une étape imparfaite. Ce matériau composé de paillettes noires d'algues compressées, présente un toucher très surprenant. Son aspect, bien que plus complexe, n'est pas sans rappeler les feuilles d'algues nori japonaises utilisées dans la confection de maki. Il m'annonce avec fierté que l'odeur de vase a été totalement neutralisée dans les générations suivantes d'algopack. Les échantillons suivants sont donc lisses, inodores, leur densité, leur toucher, tout est emprunté à la pétrochimie. L'illusion a opéré mais le charme s'en est allé.

Le plastique dans les années 1960 était une forme de libération pop face au *Good Design* du *Bauhaus* et une incroyable ouverture des possibilités formelles. L'ère du jetable apporte un nombre colossal d'objets à usage unique de qualité

extrêmement médiocre qui participent à entacher l'identité du plastique, le vulgaire « plastoc ». Par ailleurs, l'éditeur Kartell, crée en 1949, a construit son succès en proposant du mobilier en plastique de grande qualité. Philippe Stark conçoit le *Bubble Club Sofa* et vante le caractère indestructible du polypropylène employé pour sa confection¹. Songeant peut-être déjà que le problème était bien là, le dessin du sofa se veut archétypal et intemporel. Si l'on ne peut pas se débarrasser d'un objet autant éviter que sa ligne ne lasse. Aujourd'hui l'aspect indestructible, intemporel, « immortel » d'un objet ou d'un matériau est-il toujours une qualité ? Cela est-il toujours rassurant ou au contraire inquiétant ? *La Marie*, une chaise transparente en polycarbonate du même designer est pensée comme un pas vers la dématérialisation des objets face à leur

1. SHIRMAN Danielle, *Bubble-club sofa*, Design, Arte, Strasbourg, 2005.

surabondance¹. L'image est plaisante mais elle est symptomatique d'une démarche de camouflage, de fuite. Ce n'est pas parce qu'on la voit moins qu'elle existe moins. Elle matérialise au contraire la culpabilité d'un designer prolifique. En 2012, Philippe Stark commence néanmoins à affronter la matérialité des objets issus de ses « fulgurances ». Il met au point avec Emeco, la *Broom chair* composée de 90% de déchets industriels, 15% de sciure de bois et 75% de déchets de polypropylène. Elle est recyclée et recyclable². Cette chaise est opaque, elle embrasse sa matérialité toute entière. Il s'agit de prendre conscience de la matérialité des objets et d'en être responsable.

L'image du plastique est devenue la quintessence de « l'artificialité », une matière qui s'est éloignée toujours plus de la nature, elle-même de nouveau vécue comme une valeur positive. Lors de la réapparition des biopolymères pendant les années 2010, la

première démarche a mené vers l'imitation du plastique pétro-chimique. Cependant, ce dernier apparaît de plus en plus malsain, pathogène et polluant. L'imitation d'une image péjorative ne semble pas forcément pertinente. L'usage des biopolymères a renoué avec les premiers plastiques « qu'ils soient naturels, artificiels ou synthétiques [. Ils] sont apparus comme imitations bon marché de matières naturelles, trop chères et de plus en plus réglementées (ivoire, corne, écaille). Leur diversité de mise en œuvre offrait la possibilité de formes infinies jusqu'alors jamais explorée. C'est " le mythe du simili " »³.

1. STARCK Philippe, VANDERPOOTEN Gilles, *Impression d'ailleurs*, L'Aube, Paris, 2013.

2. Site d'Emeco www.emeco.net

3. SAGOT Stéphanie, *Design et agromatériaux*, éditions Albin Michel, Paris, 2012, p29.



Une longue liste d'objets naît de la collaboration prolifique de Philippe Starck avec l'entreprise italienne Kartell, spécialisée dans l'édition de mobilier en plastique. Parmi eux : Le

Bubble-Club Sofa ou encore *La Marie*.

Philippe Starck conçoit la *Broom Chair* pour Emeco, une chaise composée de 90% de déchets industriels, 15% de sciure de bois et 75% de déchets de polypropylène.

Le biopolymère devient alors l'ersatz d'un ersatz ... Cela fait écho au workshop mené par l'artiste Vincent Olinet dans le cadre de l'ARC « Matériaux-Immatériaux » suivi lors de ma quatrième année. L'idée était de fabriquer du faux marbre à partir de faux bois (réalisé à la main à partir de plâtre). Pourquoi donc vouloir maquiller un matériau qui présente de réelles qualités sensorielles en plastique pétro-sourcé, l'associant à sa mauvaise réputation ?

Les industriels résonnent en terme de marché, il faut remplacer le marché des pétro-polymères par celui des bio-polymères. Il s'agit d'une démarche de pure substitution. L'industriel ne veut surtout pas perturber les habitudes des consommateurs¹. Les biopolymères sont donc introduits plus ou moins subrepticement, sans que l'on s'en rende vraiment compte. « On n'y voit que du feu ». Ce tour de passe-passe conservateur ne participe pas à l'éveil collectif. Il s'agit d'une adoption passive qui peut

amener l'utilisateur à confondre polymères pétrochimiques et biopolymères.

Cette intuition a été confirmée suite à l'entretien que m'a accordé Alain Pineau². Le directeur du design de la marque de jouets Plan Toys possède effectivement une vision qui remet en cause la stratégie d'imitation. Selon lui, un biopolymère coûte plus cher, il est donc dans l'intérêt de l'entreprise de signifier de manière évidente sa singularité, autrement que par une communication exogène sur l'emballage, le site internet ou à travers le discours d'un revendeur. Face à deux objets de forme, de couleur et d'aspect identiques, l'un en biopolymère, l'autre en polymère pétro-sourcé, on ne comprendra pas a priori que le premier soit plus cher que le second. Un futur utilisateur devrait pouvoir

1. COLIN Christine, *L'imitation et sa négation in Design et imitation*, ed Medifa, Paris, 2004.

2. Entretien avec Alain Pineau en annexe.

identifier directement un biopolymère. Si Barthes affirme que le plastique pétro-sourcé a « toujours marqué de la prétention »¹ à vouloir paraître plus noble qu'il ne l'est vraiment, il me semble qu'un biopolymère travesti en « plastoc »¹ pourrait alors être accusé de fausse-modestie, à vouloir paraître plus pauvre qu'il ne l'est vraiment. Ezio Manzini dénonce l'erreur de « Traverser un environnement profondément transformé sans en saisir la nouveauté »². Je me rapprocherais de la notion d'honnêteté que Jean Prouvé évoque dans son rapport avec le métal. Il donne aux pieds arrières de sa chaise Standard une forme en épine de rose en métal plié en lieu et place de l'acier tubulaire pourtant si cher au mouvement moderne. Il s'agit à travers cette forme de révéler, par un ajout de matière, les tensions mécaniques de la structure. De la même manière, il évide certains profilés quand à l'inverse les contraintes de force le permettent. Dans

un autre registre, les vases de Gaetano Pesce manifestent la viscosité du silicone avant la polymérisation. Simultanément à l'invasion du plastique pétrochimique dans le quotidien, on voit apparaître des pratiques artistiques qui propulsent la matière au centre de la réflexion. Giuseppe Penone, figure de proue de l'Arte Povera italien, ne sépare jamais le travail du bois de l'entité de l'arbre. Richard Serra proposera une contemplation de la matière métal et notamment sa masse dans l'espace. Il s'agirait d'accorder également aux biopolymères une image autonome. Leur intégrité serait préservée, leurs propriétés intrinsèques conservées. Leurs « défauts » ne seraient plus perçus comme tels mais comme des caractères singuliers

1. BARTHES Roland, *Les mythologies*, Éditions Points, (Essais), 1970, Paris, p189.

2. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991, p23.



Pour *Vasi*, Gaetano Pesce, adopte, à la manière des *Hangings* de Robert Morris, un refus du dessin. Il laisse la gravité agencer la matière selon sa fluidité et sa lourdeur, une résine souple



pour le premier, un pan de feutre lacéré pour le second. La matière est traitée avec une forme d'honnêteté, elle relève sa nature librement.



L'exposition Matière à cultivée organisée par le VIA à la biennale de design de Saint-Étienne en 2009, présentait plusieurs travaux dont celui de Frank Fontana qui affichait une volonté



de dompter le bois en exaltant ces propriétés sans jamais le trahir. Une démarche qu'Alvar Aalto avait déjà entrepris dans les années 1932 avec la *Lounge Chair n°41*.

proposant de nouvelles expériences sensorielles. Leur identité serait communément admise et reconnaissable par l'observateur-utilisateur. Comme j'ai pu le constater chez matériO, les matériaux innovants participent souvent à brouiller les classifications traditionnelles de la matière¹. Il n'est pas forcément aisé de saisir la différence de nature d'un polystyrène et un polychlorure de vinyle. En revanche, on identifie nettement plus facilement un hêtre par sa densité et sa couleur claire et un noyer pour sa couleur foncée. Il s'agirait de retrouver une signification commune afin de faciliter la compréhension des biopolymères en tant que famille reconnaissable. Si l'on arrive à neutraliser l'odeur de vase de l'algo-pack, n'est-il pas plus intéressant de la corriger subtilement afin qu'elle évoque honnêtement son origine marine. Le cuir a une odeur très singulière, les différentes essences de bois également. L'odeur participe au mythe de la matière.

L'odeur du plastique, quand elle est présente, trahit des émanations de solvant toxique, l'odeur est désagréable, nauséabonde. Elle participe d'une expérience désagréable. Comme l'explique Stéphanie Sagot, les biopolymères, tout comme leurs cousins pétro-sourcés, ne sont pas des matériaux issus d'une pratique. Conçus « in vitro », ils bouleversent la relation Homme-matériau. Ainsi « l'intégration et le développement d'un matériau dans la société ne vont pas de soi »². Le designer doit mettre en projet la matière, mettre en œuvre l'informe.

Terroir

La question du territoire a commencé à se frayer un chemin dans ma réflexion lors du workshop « la cité bio-numérique » à la

1. KULA Daniel TERNAUX Élodie, *Materiology, Frame, Birkhäuser*, 2008, p338.

2. SAGOT Stéphanie, *Design et agromatériaux*, éditions Albin Michel, Paris, 2012, p26.

citée des sciences menée par Claire Bailly et Jean Magerand, deux enseignants de l'école d'architecture de Paris La Villette. Mon équipe était composée d'étudiants et de jeunes diplômés de cette école, j'étais la seule étudiante en design. Il a clairement été question de l'échelle entre un projet et son territoire. L'axe de réflexion se portait sur l'interpénétration des zones urbaines et rurales et les modalités par lesquelles la technologie pouvait porter secours au biologique. Il était question de penser un territoire, un système, concevoir les paramètres d'un nouveau mode de vie. Un produit peut-il générer un paysage spécifique, un paysage génère-t-il un produit spécifique ?

Les biopolymères sont issus de l'agriculture. Les coproduits agroalimentaires partagent avec les aliments la notion de terroir. Le terroir est un territoire culturel de ressources matérielles et immatérielles. Il s'agit d'une zone géographique qui

présente une certaine homogénéité physique originelle ou liée à des techniques culturelles (drainage, irrigation, terrasses), apte à fournir des produits agricoles. Cette terre transmet alors un caractère singulier aux produits issus de son exploitation. Le terroir est donc un espace concret, tangible et cartographiable à travers de multiples facteurs géologiques, climatologiques, etc. Il est tout à fait indépendant du découpage administratif des zones territoriales. Le regain d'intérêt pour les produits du terroir se manifeste dans les années 1980 parallèlement à une réflexion sur le patrimoine. Il témoigne d'une contestation de la standardisation¹. Une charte des terroirs a été mise au point par l'association Terroirs & Cultures en partenariat avec l'UNESCO. Par ailleurs, l'État a développé plusieurs labels pour préserver et mettre en valeur ces fameux terroirs,

1. DELFOSSE Claire, *La Mode du terroir et les produits alimentaires*, Les Indes Savantes, Paris, 2011, p13.

Appellation d'Origine Contrôlée (AOC), Appellation d'Origine Protégée (AOP). Des mouvements citoyens ont fleuri comme les Associations pour le Maintien de l'Agriculture Paysanne (AMAP) qui protège l'agriculture de proximité. Le locavorisme est quant à lui, un mouvement de consommateurs réduisant le rayon de provenance des produits consommés à 250 km maximum autour de leur domicile. Les incroyables comestibles ainsi que les Ekovores¹ agissent en faveur de l'agriculture urbaine. Peu à peu, la proximité devient synonyme de qualité. Diversifier et multiplier les sources est aussi une question de sécurité. Si jamais l'un des secteurs est atteint, les autres peuvent prendre le relais. Élodie Ternaux incite à « limiter notre dépendance aux marchés exogènes, tout en ayant un meilleur contrôle des coûts et des conditions d'exploitation »². Il me semble alors crucial que l'exploitation des biopolymères se développe dans ce contexte. J'ai éta-

bli une cartographie des biopolymères (faire la carte). Les besoins en plastique seraient comblés par le matériau local afin de réduire au maximum la consommation d'énergie grise (non renouvelable) due au transport. Issu du terroir, il participerait au particularisme local. Le matériau serait chargé d'une valeur culturelle qui contribuerait à l'anoblir en participant à son identité propre. Associer un matériau à un terroir, c'est lui attribuer une valeur positive, l'ancrage rassure, il fait référence au vrai, au naturel. « Le terroir confère aux produits des qualités qui les rendent non substituables »³. La carte déterminera le recours à tel ou tel type de biopolymère en fonction de sa position géographique.

1. www.lesekovores.com

2. KULA Daniel TERNAUX Élodie, *Materiology, Frame, Birkhäuser*, 2008, p354.

3. DELFOSSE Claire, *La Mode du terroir et les produits alimentaires*, Les Indes Savantes, Paris, 2011, p13.

On privilégiera un biopolymère issu d'algues dans les zones littorales, l'Algopack en Bretagne nord par exemple. Les régions réputées pour leur élevage bovin comme le Charolais, l'Aubrac ou le Limousin préféreront un biopolymère issu du sang des abattoirs. Les régions laitières comme la Normandie ou l'Auvergne pourraient favoriser l'utilisation de galalithe obtenue à partir de la caséine de lait. Cela permettrait aux éleveurs de valoriser les surplus de production liés aux quotas instaurés par l'Union Européenne. La Provence pourrait mettre en valeur le tourteau de son huile d'olive. L'impression 3D, parmi d'autres procédés de mise en forme, pourrait jouer un rôle important dans ce système. Le Fab-Shop¹, un service de prototypage rapide basé à proximité de Saint-Malo, a mis au point un fil d'algopack capable d'être extrudé par une imprimante 3D. Ainsi, le dessin d'un objet pourrait être posté en open-source

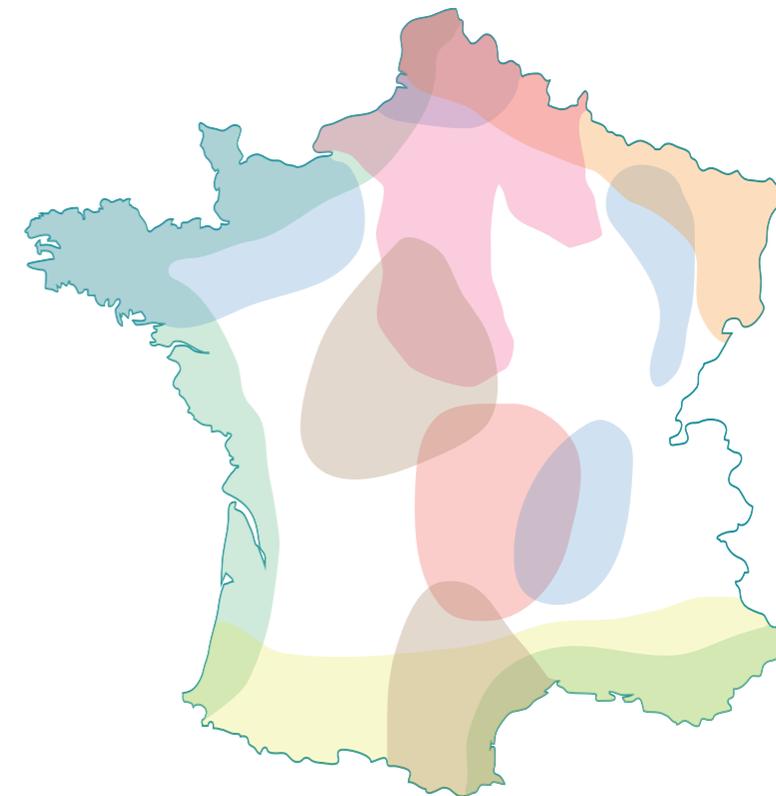
sur une plateforme de téléchargement et imprimé dans un matériau disponible localement, différemment selon le lieux de production. Le réseau des FabLabs s'étant considérablement étendu ces cinq dernières années, le transport serait, là encore, considérablement réduit. Il s'agirait de ramener la matière à une échelle plus intime sans restreindre le terrain des idées, approcher ainsi l'aphorisme de René Dubos lancé lors du Sommet de la Terre « Penser global, Agir local »².

1. Site du Fabshop www.fabshop.com

2. DUBOS René, *Rapport de la conférence des Nations Unies sur l'environnement, Sommet de la Terre*, Rio, 1972.

Carte • la France des biopolymères

- Galalithe (lait)
- Algopack (algues)
- Tourteau d'huile d'olive
- PHA issu de déchets de bière
- PHA issu de déchets de blé
- PHA issu de pulpe de betterave
- Novatein (sang des abattoirs)



Cette carte illustre une répartition imaginée de la production et de la distribution des biopolymères en France selon les terroirs locaux.

conclusion

Au regard du constat de la limite des ressources, des conséquences d'une production massive combinée à une mauvaise gestion des objets, la relation de l'Homme à la nature n'est plus en mesure de s'inscrire dans un rapport de domination. Elle doit au contraire être coopérative.

« Pas de sentimentalisme ici, mais bien une vision pratique de la question : la biodiversité doit évidemment être défendue pour que l'Homme en use pleinement »¹.

« Il ne faut pas détruire le substrat naturel dont notre existence dépend »².

Parce qu'il faut sortir d'une perception binaire Naturel / Artificiel. L'homme est une

création de la nature et sa production, quelle qu'elle soit sera artificielle. La production de polymères à partir de ressources végétales est une activité artificielle. Pour être viable d'un point de vue environnemental, il semblerait crucial que les biopolymères soient issus d'une agriculture raisonnée et biologique. Par ailleurs, afin de préserver le foncier agricole et de ne pas rivaliser avec les filières alimentaires, ils devraient être des coproduits, c'est-à-dire issus de rebuts d'une production déjà existante. Ces polymères devraient également être recyclables et recyclés au maximum avant leur dégradation dans un milieu de compost afin d'augmenter leur cycle de vie. Cela contribuerait à soulager ainsi les terres agricoles d'une exploitation trop intensive.

1. KULA Daniel TERNAUX Élodie, *Materiology, Frame, Birkhäuser, 2008, p358.*

2. MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991.

Le développement des biopolymères devrait donc être accompagné de réglementations multicritères rigoureuses, d'une sorte de charte afin de s'inscrire réellement dans un progrès environnemental. Les biopolymères commercialisés à l'heure actuelle ne sont pas tous parfaits, ils ne remplissent pas forcément tous les critères évoqués. Il appartient donc au designer de faire des choix en privilégiant « la meilleure solution dans un contexte donné »¹. Le choix du matériau s'inscrit à part entière dans une démarche de design. Il contraint la forme en imposant certaines mises en œuvre. Les propriétés sensorielles de la matière contribuent à la perception qualitative d'un objet. Aujourd'hui d'autres critères doivent être pris en compte. Seulement, le besoin de qualité environnementale d'un objet n'est pas forcément intériorisé par l'utilisateur et la pertinence de l'objet au sein d'un système n'est pas forcément perceptible. Le rôle du designer est donc

de les rendre lisibles afin que l'objet soit spontanément préférable. Le designer a pour mission de faire accepter psychologiquement les contraintes d'usage ou de production. Pieke Bergmans évoque la notion de virus. Le designer s'infiltré dans l'entreprise ou dans l'espace domestique pour y bouleverser les usages et les comportements dans le but qu'ils se répandent². Il doit accompagner les industriels afin de développer avec justesse l'identité des biopolymères et permettre une différenciation instantanée avec un plastique pétrochimique. Comme nous avons pu le constater, le rôle du designer s'éloigne de plus en plus du simple dessin de la ligne d'un objet isolé.

Mes différents stages m'ont fait réaliser la qualité d'observation et de recul que

1. Mantra de Philippe Riehling.

2. DAUTREY Jehanne, QUINZ Emanuele (sous la direction de), *Strange Design*, It: éditions, Villeurbanne, 2014, p134.

doit avoir le designer. « Chaque étape et chaque décision pèse dans la balance écologique »¹. Lors de la gestation d'un projet le designer va prendre en compte des paramètres sociaux, éthiques, environnementaux, anthropologiques, psychologiques, sensibles... qui échappent souvent aux ingénieurs ou aux commerciaux. Le matériau est une entrée décisive dans la démarche d'éco-conception. Il représente un choix primaire qui va nécessairement déterminer les échelles de la production. Mais réduire la qualité environnementale d'un objet au choix du matériau serait impropre. Le designer doit inscrire les objets dans un système préalablement pensé. Le designer procède à une analyse du contexte dans lequel il lui est donné d'agir. Le designer agit DANS le contexte et SUR le contexte. Son action participe à le modifier.

Depuis sa création en 2008, la 27^e Région développe une démarche de « design de

l'action publique »². Il s'agit d'utiliser les outils du designer pour « repenser les systèmes avec et pour les gens ». Il s'agit de considérer « les sujets comme actifs, sociaux, sensibles et capables de prendre part à la production de l'intérêt général »¹. Le travail d'intériorisation des enjeux environnementaux peut donc prendre la forme d'un travail de terrain en partenariat avec les collectivités publiques.

1. KULA Daniel TERNAUX Élodie, *Materiology, Frame*, Birkhäuser, 2008, p347.

2. La 27 région, *Design des politiques publiques*, archives nationales, p 6 & 7.

Bibliographie

Ouvrages théoriques

BARTHES Roland, *Les mythologies*, Éditions Points, (Essais), 1970, Paris, [première parution en 1957].

BEAUDRILLARD Jean, *Le système des objets*, (Tel), Gallimard, 2013, Paris, [première parution en 1968].

BOUTIN Anne-Marie, SOUTEREAU Marc, *Design où es-tu ? Observateur du design 13*, APCI, Archibooks, Paris, 2012.

BRAUNGARDT Michael, MCDONOUGH William, *Cradle to cradle, créer et recycler à l'infini*, (manifestô), Editions Alternatives, Paris, 2012.

BUCKMINSTER FULLER Richard, *E3-Energy, Earth and everyone. World game, 1969-1977*, Editions B2, Paris, 2012.

DAUTREY Jehanne, QUINZ Emanuele (sous

la direction de) , *Strange Design*, It: éditions, Villeurbanne, 2014.

ENCORE HEUREUX, CHOPPIN Julien et DELON Nicolas (sous la direction de), *Matière grise*, Pavillon de l'Arsenal, Paris, 2014.

FLUSSER Vilèm, *Petite philosophie du design*, (essai), Circé, Paris, Lonrai, 2002.

KATZ Sylvia, *Les Plastiques, de la bakélite au high-tech*, Éditions Denoël, Paris, 1985.

KAZAZIAN Thierry, *Design et développement durable : il y aura l'âge des choses légères*, Victoires Editions, Paris, 2003.

KULA Daniel, *Les 101 mots du matériau dans le design à l'usage de tous*, Archibooks, Paris, 2014.

KULA Daniel et Élodie Ternaux, *Materiology*, Frame, Birkhäuser, 2008, 342p.

LA 27^e RÉGION, *Design des politiques publiques*, La documentation française, Paris, 2010.

LAIZÉ Gérard (sous la direction de), *Catalogue du VIA 2014*.

LAIZÉ Gérard (sous la direction de), *Matière à cultiver*, VIA, Paris, 2009.

LOEWY Raymond, *La laideur se vend mal*, (tel) Gallimard, Paris, 2012 [première parution en 1953].

MANZINI Ezio, *Artefacts, vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*, Editions du Centre Georges Pompidou, 1991.

MANZINI Ezio, *La matière de l'invention*, coll. Inventaire, Centre Georges Pompidou, Paris, 1989.

PAPANEK Victor, *Design pour un monde réel*, Mercure de France, (environnement et société),

Poitiers, 1974.

PELTIER Fabrice, SAPORTA Henri, *Écode-sign, chemins vertueux*, (!D Pack) Pyramyd, Paris, 2007.

SAGOT Stéphanie, *Design et agromatériaux*, éditions Albin Michel, Paris, 2012.

SOTTASS Ettore, *Je suis méchant*, in Scritti 1946-2001, Editore Vicenza, Neri Pozza, 2002.

STARCK Philippe, VANDERPOOTEN Gilles, *Impression d'ailleurs*, L'Aube, Paris, 2013.

THOMMERET Richard, *Plastiques et design*, Eyrolles, Paris, 2014.

VIAL Stéphane, *Court traité du design*, puf, Paris, 2010.

WIEDERMANN Julius, DALCACIO Reis, *Product design in the sustainable era*, éd. Taschen 2010.

COLIN Christine, *Design et imitation*, ed. Medifa, Paris, 2004.

Écologie

DELFOSSÉ Claire (sous la direction de), *La Mode du terroir et les produits alimentaires*, Les Indes Savantes, Paris, 2011.

JONAS Hans, *Le principe responsabilité*, (Champs essai), Flammarion, Paris, 2009.

LATOUCHE Serge, *Bon pour la casse, les déraisons de l'obsolescence programmée*, les liens qui libèrent éditions, Paris, 2012.

NICOLINO Fabrice, *La faim, la bagnole, le blé et nous, une dénonciation des biocarburants*, (LITT. GENE.) Fayard, Paris, 2007.

NOTEBAERT Jean-François et SEJEAU Wilfried, *Écoblanchiment : quand les 4x4 sauvent la planète*, éditions Les Petits Matins, 2010.

ORSENNA Erik, *Voyage aux pays du coton, Petit précis de mondialisation*, Le livre de poche, Paris, 2012.

Fictions

OVIDE, *Les Métamorphoses*, (folio classique), Gallimard, Paris, 2006.

WEINER Matthew, *The gold violin*, Mad Men, épisode 7, saison 2, 2008.

Émissions Télévisuelles

BIDDLE Mike, *We can recycle plastic*, TED, Juillet 2011, 10:58".

FINES Michèle, LEPREUX Vincent, FOURÉ Cédric, *Les meubles des grandes enseignes sont-ils dangereux pour la santé ?* Envoyé Spécial, France 2 diffusé le jeudi 6 novembre 2014.

SHIRMAN Danielle, *Bubble-club sofa*, Design, Arte, Strasbourg, 2005.

VICTOR Jean-Christophe, *Des îles de déchets ?*, Les dessous des cartes, Arte, première diffusion février 2011.

Émissions Radiophoniques

GARRIGOU-LAGRANGE Matthieu, *Raymond Loewy*, Une vie, une oeuvre, France Culture, Paris, 23 mars 2013.

VAN REETH Adèle, *Objets trouvés (2/4) : le design, esthétique de l'objet*, Les nouveaux chemins de la connaissance, France Culture, Paris, 16 avril 2013.

Périodiques

AFP, *José Bové définitivement condamné pour le fauchage de maïs OGM*, libération.fr article datant du 27-03-2013, consulté le 28

octobre 2014.

Sites Internet

Site de l'ADEME rubrique biopolymères
www.ademe.fr

Site du ministère de l'agriculture
www.agriculture.gouv.fr

Site de l'entreprise Algopack
www.algopack.com

Site de l'entreprise Bio-on
www.bio-on.com

Site du projet Les Ekovores
www.lesekovores.com

Site de l'entreprise Emeco
www.emeco.net

Site du Fabshop

www.fabshop.com

Site du duo de designers Faltazi
www.faltazi.com

Site de l'INSEE rubrique emballages.
www.insee.fr

Site du dictionnaire Larousse
www.larousse.fr

Site de l'entreprise Saintluc
www.saintluc.fr

Site de Planetoscope rubrique plastique
www.planetoscope.com

Site des Nations Unies rubrique démographie
www.un.org

Annexes

Entretien avec Alain Pineau

Directeur du design de Plan Toys

mai 2014

Aliénor Morvan : Alain Pineau, pouvez-vous nous parler de votre parcours et de votre rapport avec les démarches d'éco-conception ?

Alain Pineau : Originaire de Nantes, j'étudie le design à Olivier de Serre. Sans formaliser clairement une sensibilité à l'éco-conception, j'éprouve cependant, en tant que designer, un fort sentiment de responsabilité dans la production sérielle ainsi qu'un devoir de bon sens.

A.M : Quelle est le profil de Vitool Viraponsavan, le fondateur de Plan Toys ?

A.P : Vitool est thaï, architecte de formation. Lors de ses jeunes années, il se laisse séduire par les théories marxistes et maoïstes. Il en retient de fortes convictions sociales et environnementales. Influencé notamment par la philosophie bouddhiste, la notion de cycle l'obsède. bercé par le design industriel des années 1970 (Braun) et par son souci d'honnêteté, il

accorde une importance toute particulière au design.

A.M : Quelle est la singularité de Plan Toys en matière d'éco-conception ?

A.P : La Thaïlande se situe sur la ceinture verte du globe, la nature y est luxuriante, le climat favorise la croissance rapide des végétaux qui deviennent alors une ressource à renouvellement rapide. La culture de l'hévéa provient originellement du Brésil, mais a été introduite en Asie du sud-est en 1877. Chez Plan Toys, les arbres ne sont pas génétiquement modifiés, les traitements chimiques sont systématiquement stoppés trois ans avant le début de la récolte de latex. Celle-ci débute cinq ans après la plantation de l'arbre. Il est ensuite exploité de vingt-cinq à trente ans durant lesquels son écorce est incisée, scarifiée, chaque fois de plus en plus haut afin de faire couler le précieux latex. Autrefois, lorsque l'arbre avait offert ses dernières

gouttes de sève, il était coupé puis brûlé. La fumée ainsi générée était très polluante. L'idée de Plan Toys est alors d'exploiter le bois en tant que matière première. L'entreprise sera pionnière dans ce secteur. Le bois fraîchement coupé est très vulnérable aux bactéries et aux champignons extrêmement agressifs dans la région. Il est donc rapidement filmé avec le plus grand soin puis séché, ce qui évite de lui infliger le moindre traitement chimique. Le bois massif d'hévéa présente de bonnes propriétés mécaniques, ses fibres sont constantes. Tendre, il est facile à travailler. Son exploitation représente très vite une économie florissante dans la région. Plan Toys a d'abord exploité le bois d'hévéa sous forme massive dans la production de jouet. Mais très vite, on constate que la chaîne de production génère une quantité non négligeable de sciures et de déchets de bois (branches, racines). Ces coproduits sont alors récupérés et mélan-

gés à un liant issu du latex. La composition exacte du liant reste secrète mais le matériau est recyclable et, à long terme, compostable (la densité importante du matériau ralentit le processus de décomposition). Plan Toys exploite la sève de l'arbre, son bois, en revanche, on ne savait que faire des racines et des branches de faibles dimensions. L'idée a été de les valoriser de manière énergétique. En effet ces parties de l'arbre sont particulièrement gazogènes. Chauffées à pyrolyse jusqu'à 700°, elles produisent un gaz très pur capable de générer de l'électricité et le tout sans émaner de fumée toxique. En revanche la pyrolyse crée un charbon de grande qualité qui sert au filtrage de l'eau dans une autre opération de production car le tanin de l'hévéa peut être toxique. La chaleur excédentaire de la pyrolyse est utilisée pour le séchage du bois. Ainsi chaque matériau ou énergie produite est réinjecté dans le processus de fabrication

sous la forme d'un circuit fermé.

La recherche de l'économie est constante, l'objectif de l'entreprise consiste à réduire un maximum le gaspillage, c'est d'ailleurs aujourd'hui une totale réussite sur ce plan.

A.M : Quel rapport l'entreprise entretient-elle avec le foncier forestier et la biodiversité ?

A.P : L'exploitation d'hévéa étant une monoculture, un système de jachère a été mis en place par l'acquisition de terrains vagues (pas de forêt sauvage). Afin de renouveler et favoriser la biodiversité. La notion de cycle à l'origine du modèle économique de Plan Toys intègre, comme nous l'avons vu, des enjeux environnementaux mais également sociaux. Ainsi, l'entreprise est à l'origine de fondations d'écoles inspirées des programmes d'Alain Savary remaniées selon la culture bouddhiste, de maisons d'édition littéraire, de bibliothèques et de système de micro-

crédits. Un jour de congé est attribué à chaque employé le jour de son anniversaire (en plus des congés instaurés par les conventions collectives). Les employés bénéficient d'une cantine où leur est offert chaque jour un bol de riz. La biomasse émise par les déchets est récupérée afin de fournir de l'énergie au frigo notamment et à l'ensemble du bâtiment.

A.M : Pourriez-vous expliquer le processus de fabrication des jouets en planwood ?

A.P : Une poussière de bois est mélangée à un liant en poudre, le mélange est placé dans un moule qui est chauffé et pressé par vérin à plus de 300 tonnes par cm². La pression densifie le matériau en écrasant les molécules du bois, elles sont encastrées les unes dans les autres, ce qui apporte à la matière finale une densité plus importante que le bois massif dont elle est issue. La chaleur active le liant permettant la polymérisation de l'ensemble.

La forme ainsi obtenue n'atteindra pas de dimensions conséquentes, en revanche le matériau exige des épaisseurs relativement importantes. Le Planwood n'est donc pas un matériau intéressant pour ses propriétés mécaniques. La conception de jouets avec ce matériau dépend donc de ces fortes contraintes.

A.M : Faute de compétitivité, de nombreuses entreprises ayant tenté le pari, il y a cinq ou dix ans, ont rencontré de grandes difficultés ou tout simplement cessé leur activité. Le constat de matériel à ce sujet est accablant. Chaque semaine des fiches bio-polymères sont supprimées car les entreprises n'existent plus. Quelles sont, à votre avis, les raisons de la longévité de Plan Toys ?

A.P : 2005 et 2006 sont pour l'entreprise des années glorieuses. La crise de 2008 touchera indirectement la Thaïlande en raison de l'importance de son exporta-

tion vers l'Europe. La crise va engendrer une augmentation du coût des matières premières, en l'occurrence, le latex, ainsi qu'une augmentation du coût de la main-d'œuvre. Plan Toys veut alors développer ses processus et sa démarche en matière de design, peut-être au détriment des objets eux-mêmes. Pour que les agro-matériaux s'échappent de l'utopie dans laquelle ils ont été créés, il est nécessaire de leur offrir une réalité économique. Demeurant toujours nettement plus chers que leurs homologues pétrochimiques, ils peinent à s'installer sur le marché.

Il est nécessaire d'être là au bon moment, au bon endroit avec une capacité de production suffisante. Vos emplettes sont vos emplois. Il est compliqué d'éveiller le grand public à l'intérêt des bio-polymères. Seul un scandale sanitaire d'envergure serait en mesure d'entraîner une prise de conscience générale sur les méfaits du plastique pétrochimique, comparable

à celle de la cigarette. On estime de 2 à 3% la population sensibilisée aux enjeux des produits dits vertueux (dépourvus de produits chimiques). Cependant, cette infime part de la population peut être un vecteur d'opinion et opérer une sorte de prosélytisme. Le design a parfois joué un rôle important dans le militantisme. Si les campagnes publicitaires Moulinex des années 1950 «Moulinex libère la femme !» paraissent aujourd'hui désuètes et même franchement sectaires, rapportés à leur époque ces innovations ménagères n'en ont pas moins réellement contribué à l'émancipation des femmes. Il est aussi parfois difficile de concurrencer des entreprises comme Djeco ou Janode, prônant la fabrication française tout en utilisant des agents chimiques nocifs. Certains revendeurs possèdent une astuce simple pour juger de la qualité sanitaire des produits qu'ils vont proposer. Lorsqu'ils ouvrent les cartons, si une forte odeur de solvant

émane, bien qu'étant composé de bois et donc à priori sains, cela indique que les jouets contiennent des substances dangereuses.

A.M : Justement, à quels types de colorants et de finitions Plan Toys a-t-il recours ?

A.P : Chez Plan Toys tous les colorants sont d'origine naturelle. Pour la finition, un essai à l'huile a été réalisé sans succès, la paraffine, d'origine pétrochimique, était bien évidemment proscrite. Le choix s'est donc tourné vers un vernis à phase aqueuse sans formaldéhyde.

A.M : Comment est née votre collaboration avec Plan toys ?

A.P : Plan Toys est entre autre distribué par Nature et Découverte, cette rencontre fut décisive. Leur équipe était emprunte d'une réelle démarche dès le départ tout en demeurant pragmatique.

L'enseigne française à la centaine de magasins sur le territoire connaît une concurrence sévère de la part de géant comme Amazon, capable de mettre en place des moteurs de recherche pour traquer les prix des concurrents et toujours se positionner en dessous. Les concurrents directs de Plan Toys comme AP, Janode et Djeco ont l'avantage d'être basés en Europe et de partager la culture de leur consommateur. Dans un tel contexte, il est nécessaire de se différencier, c'est en général à ce moment là que l'on fait appel au designer. Plan Toys recherche donc un partenaire européen ayant un regard frais sur leur entreprise. Notre agence possède une certaine expertise dans le domaine du jouet et était déjà en contact avec Nature et Découverte. Il fallait d'abord analyser l'identité de l'entreprise, son modèle puis à l'échelle de l'objet, repenser les mises-en-scène, les scénarios, créer une narration adaptée au

public. Dans le cas de Plan Toys, il s'agissait de reconstruire la relation entre les trois matériaux utilisés par l'entreprise, à savoir le «solidwood» (bois massif), le «plywood» (contre-plaqué) et le «planwood». Leur opposition en gammes séparées était malheureuse. En effet, dans certains cas, l'image seule est inapte à raconter l'objet. Pour que l'utilisateur comprenne un objet, il va trouver appréciable de pouvoir le toucher, le manipuler avant de l'acquérir. Or, si un jouet est sorti de sa boîte et laissé à la merci de milliers de doigts sales, il éprouvera quelques difficultés à être adopté. Il ne faut pas non plus négliger l'importance économique de la vente en ligne, dans ce cas de figure, le futur usager doit faire confiance aux quelques documents visuels fournis par le site. L'appréhension du jouet et de ses matériaux doit donc impérativement résider dans son image. Le designer doit maîtriser la valeur cognitive des matériaux avec les-

quels il travaille. Il serait tout à fait fâcheux qu'un jouet soigneusement réalisé en biopolymère (donc plus onéreux) soit assimilé à un jouet issu de matières pétrochimiques (bon marché). La lecture de la différence doit être immédiate et pour ce, le *story telling* doit être efficace. Une recherche lexicale est menée, les mots employés doivent être éloquentes pour le public. Il est important à ce stade de discerner la perception du designer et celle du grand public. Les termes «soutenable», «holistique» semblent peut-être obscurs, en revanche le «bio» est galvaudé, il est devenu fourre-tout et appelle le scepticisme. Pour éviter un lyrisme suspect, les images et les simples faits s'avèrent plus adaptés. L'idée a donc été d'unir les trois matériaux au sein d'une seule gamme globale. Ainsi, la relation entre la matière première et ses dérivés est plus évidente. Chaque pièce qui compose un jouet est analysée fine-

ment en vue de déterminer le matériau optimal pour une fonction donnée. À présent Pineau et Le Porcher font partie intégrante du développement de l'entreprise et de la stratégie de la marque. J'ai notamment été nommé «directeur du design» et dirige une douzaine de designers à Bangkok. Il s'agissait au début de créer quelques nouveaux produits mais surtout de repenser la narration des objets. Pour se faire, des *workshops* d'une semaine ou de quinze jours sont organisés sur place. Un travail intensif en immersion au bureau ou à l'usine est mené. Voilà trois ans maintenant que nous collaborons avec Plan Toys.

A.M : Des échanges commerciaux entre deux zones géographiques aussi éloignées que peuvent l'être l'Europe et la Thaïlande ne sont-ils pas contradictoires avec les principes revendiqués par l'entreprise ?

A.P : Plan Toys est un réel modèle économique d'entreprise. Il ne s'agit pas d'une entreprise européenne qui délocaliserait sa production en Asie du Sud-Est mais d'une entreprise créée en Thaïlande par des Thaïlandais. Ce pays est en voie de développement, ses habitants subissent régulièrement des pénuries de matières premières et de ce fait manifestent une obsession du gâchis. Lorsque l'on manque de matière première naturelle à proximité on a plus facilement recours au plastique car c'est un matériau bon marché et qui jusque là donnait l'illusion d'être intarissable.

L'idée est de ré-humaniser la production, produire propre équitable, un modèle «H to H» (Human to Human). L'entreprise prend en compte le facteur humain comme garantie de la qualité des objets. L'entreprise ne doit pas polluer l'environnement local, elle doit être un progrès pour la communauté humaine qui l'accueille. Penser local est intéressant mais

le bénéfice doit être global.

Des bilans environnementaux ont été réalisés et ont démontré que le choix du transport par voies maritimes et les volumes qu'il permettait était moins impactant qu'une même quantité acheminée par la route même sur des distances plus faibles, inter-européennes par exemple.

Entretien avec Sandrine Hoppe

Chercheur en génie des procédés de mise en forme
des polymères bio-sourcés à l'École Nationale Supérieure
des Industries Chimiques de Nancy

novembre 2014

Aliénor Morvan : La mise en forme des biopolymères est-elle plus délicate que celle des polymères conventionnels ?

Sandrine Hoppe : Ils sont effectivement plus sensibles à la chaleur. En effet, la mise en forme des thermoplastiques [dont le comportement est assimilable à celui du beurre ou du chocolat¹] nécessite d'atteindre la température de fusion du matériau. Or, dans le cas des biopolymères, celle-ci est très proche de la température de dégradation. L'équilibre entre les deux n'est donc pas aisé à maintenir. Les biopolymères sont également plus sensibles à l'humidité. S'il reste un peu d'eau dans la matière lors de l'injection, l'eau va casser les liaisons entre les molécules. Toutefois, il y a une différence entre leur vulnérabilité à l'eau dans le processus de fabrication et dans l'utilisation. Ils sont également plus sensibles au cisaillement et à la thermo-mécanique.

A.M : Peut-on recycler un biopolymère ?

S.H : Le PLA étant un thermoplastique, son recyclage ainsi que celui des composites qui en dérivent (par exemple un PLA à charge bio-sourcé) peut s'opérer de la même façon que les thermoplastiques pétro-sourcés. Les objets sont broyés, puis chauffés. La pâte visqueuse est ensuite extrudée ou injectée afin de produire un nouvel objet.

A.M : Cela altère-t-il les propriétés du matériau ?

Comme pour les thermoplastiques pétrochimiques, à chaque recyclage, les chaînes moléculaires linaires sont raccourcies. Lorsque le matériau est injecté ou extrudé, il est propulsé par une vis sans fin. Son effet cisailant dégrade mécaniquement le matériau qui lui-même s'échauffe en approchant dangereusement de sa

1. KULA Daniel TERNAUX Élodie, *Materiology, Frame, Birkhäuser*, 2008, pXXX.

température de dégradation. Ce qui entraîne effectivement une altération des propriétés du matériau. C'est pourquoi, on ré-injecte rarement un matériau issu du recyclage dans le même cycle de production. La typologie d'objet qui va employer un matériau recyclé est choisi pour sa faible exigence structurelle. Par exemple le plastique recyclé à partir des bouteilles d'eau servira à produire de la laine polaire ou des sacs-poubelle. On évite donc de ré-injecter dans un même cycle de production un matériau totalement issu du recyclage.

A.M : Combien de recyclages un biopolymère peut-il subir avant une altération totale ?

S.H : Cela dépend vraiment du matériau et du procédé thermo-mécanique mais dans tous les cas il s'agit d'un principe théorique. On dit communément que le papier possède sept vies. Ça sonne bien, un peu comme pour les chats ... C'est une

accroche de communication pour marquer les esprits et inciter les gens à participer au tri sélectif. Mais en réalité, il est très difficile de définir le nombre exact de cycles. Cela supposerait un tri des déchets par âge qui semble assez compliqué pour des raisons logistiques et financières. Afin d'éviter une altération trop rapide de la qualité des matériaux, on ajoute souvent une part plus ou moins importante de matière vierge. Un matériau est donc rarement à 100% issu du recyclage. Il faut savoir également qu'un matériau vierge ne l'est jamais vraiment non plus car les carottes d'injection sont toujours incorporées avec des granulés vierges.

L'âge cyclique d'un matériau est donc plutôt déterminé par la typologie d'objet qui l'emploie.

A.M : Peut-on recycler ensemble deux biopolymères différents mais de même nature, par exemple du PLA issu d'amidon

et du PLA issu de pulpe de betterave ?

S.H : C'est parfois un problème. Une marque de boisson a commercialisé des bouteilles en PET bio-sourcé qui ne sont, par exemple, pas recyclables avec du PET classique. En revanche, *a priori* pour le PLA cela pourrait être envisagé.

A.M : Peut-on recycler un composite à base d'un liant pétrochimique et d'une charge bio-sourcé ?

S.H : Oui, c'est tout à fait possible. En chauffant le composite, la matrice [le liant] va fondre, la charge en revanche peut brûler. Le polypropylène, par exemple, est mis en forme à 120°. Chaque chauffe altère la charge, le polymère également mais il est encore utilisable. La matrice est donc souvent récupérée mais pas la charge. Le mélange d'un liant et d'une charge réduit donc le nombre de cycle.

A.M : Tous les biopolymères sont-ils des thermoplastiques ?

Aujourd'hui 80% des plastiques utilisés sont des thermoplastiques et donc recyclables. Cependant, les thermodurcissables ont une meilleure tenue à la température et aux agressions chimiques. Les molécules des thermodurcissables forment un réseau en trois dimensions. La polymérisation s'effectue par l'ajout d'un agent réticulant à un pré-polymère. Cette réaction est irréversible [la polymérisation d'un thermodurcissable est semblable à la cuisson d'un gâteau¹]. Les thermodurcissables pétrochimiques ne sont donc pas recyclables. Leur fin de vie pose problème. Au mieux, ils sont broyés et servent de charge à des composites. Parmi les thermodurcissables, on trouve la résine epoxy, le polyuréthane,

1. KULA Daniel TERNAUX Élodie, *Materiology, Frame, Birkhäuser*, 2008, pXXX.

le polyester insaturé qui constitue les coques de bateaux de plaisance. C'est d'ailleurs un problème, on ne sait que faire du parc de bateaux usagés. Leur prise en charge en fin de vie est compliquée en raison de leur dispersion. Cela présente un réel problème logistique. Par ailleurs, leur incinération est proscrite car les émanations seraient extrêmement toxiques. Aujourd'hui, on les retrouve donc en décharge ou dans le jardin de leurs propriétaires. Certains biopolymères sont thermodurcissable comme la galalithe mais leur fin de vie est solutionnée par le compostage.

A.M : La synthèse des polymères est-elle énergivore ?

S.H : Oui, très ! Le PLA, par exemple, est issu de farines de blé ou de maïs qui ne contiennent pas que de l'amidon. Il faut donc isoler l'amidon. Il en va de même pour un PLA issu de pulpe de betterave.

Ensuite, la synthèse en elle-même procède d'une modification fondamentale de la matière à l'échelle cellulaire. Celle-ci est obtenue grâce à une longue succession de fermentations. L'industrie pétrochimique est également extrêmement énergivore. Cependant, elle bénéficie d'un recul de cinquante ans qui a permis d'optimiser au maximum les procédés de raffinerie du pétrole et la synthèse des polymères. Ce n'est pas encore le cas pour les biopolymères.

A.M : Selon vous les biopolymères pourraient-ils dans quelques années supplanter entièrement les plastiques pétrochimiques ?

S.H : Pour l'instant cela reste difficile à imaginer. Il me semble que les biopolymères doivent conserver leur créneau spécifique. Il est important de bien maîtriser les typologies d'objets qui les utiliseront. Il y a des domaines spécifiques pour les-

quels leurs performances ne permettent de toutes façons pas encore de se substituer aux polymères pétro-chimiques. Parfois pour des raisons de sécurité, la dégradabilité des biopolymères peut s'avérer dangereuse. Il est important de leur trouver une place à eux. Pour certaines utilisations, il est assez urgent de remplacer les plastiques pétrochimiques par des biopolymères, notamment dans le secteur de l'emballage, à condition d'améliorer les systèmes de tri. Ainsi, nous pourrions utiliser les polymères issus de la pétrochimie seulement dans des utilisations exigeant des propriétés spécifiques.

A.M : Quels sont à votre avis les biopolymères les plus prometteurs ?

Le polycaprolactone est un polyester biodégradable intéressant. Le Polyhydroxyalconoates (PHA) est après PLA la deuxième famille de polymères bio-sourcés commercialisée. L'amidon plastifié au glycérol bio-

sourcé offre beaucoup de possibilités. Le Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalérate) (PHBV) d'Eco Bio Cap Partners, est obtenu à partir de petit lait. Sa fermentation est réalisée par des bactéries. La procédure de synthèse chimique est alors biologique et nettement moins longue et moins énergivore.

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement Claire Fayolle, ma directrice de mémoire ainsi que l'ensemble de l'équipe enseignante de l'option design de l'Ensa qui m'ont accompagné et notamment Patrick Beucé, Alexandre Brugnoni, Jehanne Dautrey, Aurélie Michel, Colin Ponthot, Béatrice Selleron et Antonella Tufano. Merci à Pierre Vanni enseignant au Nouveau Département pour ces conseils graphiques.

Merci à mes maîtres de stages qui ont été précieux dans l'élaboration de ce mémoire : Quentin Hirsinger et Élodie Ternaux pour matériO et le designer Philippe Riehling.

Merci au directeur du design de Plan Toys Alain Pineau, au directeur d'Algopack Rémy Lucas, à la chercheur en génie des procédés de mise en forme des polymères bio-sourcés à l'ÉNSIC de Nancy Sandrine Hoppe, au chercheur de l'Institut Jean Lamour de Nancy Marc Poncot qui ont

tous accepté de m'accorder un entretien.

Merci à mes camarades du second cycle pour l'émulation, le partage de réflexions, d'ouvrages et de références.

Merci à mes relectrices Stéphanie Arnoux, Sylvie Kirchhoff et Emma Odezenne.

Merci à Dominique Henner pour l'impression en atelier P.A.O.

Merci à Maud Pillet pour m'avoir accompagné dans la reliure de cette édition.

Note d'impression

Ce mémoire se présente sous un format A5 paysage. Quatre pages A5 sont obtenues par découpe d'une feuille A3. Les traits de coupes ont été retirés afin d'éviter toutes chutes.

La couverture a été réalisée en carton gris recyclé. Le titre du mémoire est gravé au laser. La reliure a été confectionnée avec une colle de peau de lapin.

Le papier est recyclé non blanchi et respecte toutes les normes Anges Bleu.

La typographie des titres est une Ryman Eco, économisant 30% d'encre par rapport à une Times de même graisse. La typographie du texte de labeur est une Avenir light.

L'impression a été réalisée au jet d'encre dont je ne maîtrise malheureusement pas la composition.

