

Séance du 29 avril 2019

L'Industrie des plastiques, quel avenir ?

Jean VIALLEFONT

Vice-président Total Petrochemicals Polymères Europe

MOTS CLES

Polymères, usages, obtention, avantages, inconvénients, recyclage, avenir

RESUME

Cet exposé a pour but de montrer les différentes facettes de l'industrie des polymères, un aperçu sur l'histoire précède une présentation rapide de chacun d'eux. Les procédés de fabrication sont évoqués ainsi que les avantages et les inconvénients de leur utilisation de même que la consommation en fonction des pays. La nécessité d'un recyclage, qui sera pratiquement limité même si 100% de la production est recyclable, est démontrée ainsi que la nécessité de regroupement de tous les intervenants dans la chaîne de vie des polymères. Ce sont là les conditions de survie de cette industrie.

Pourquoi les polymères ont-ils tant de succès ? Il s'en vend ou s'en produit à peu près 400 millions de tonnes par an. C'est le troisième matériau le plus produit après le béton et l'acier qui représentent une production de 3 milliards sept cent mille tonnes. Cependant un certain nombre de contraintes de pollution amènent aujourd'hui les plastiques à être à un carrefour.

Un peu d'histoire pour rappeler que les plastiques ne sont pas une création nouvelle. Leur apparition démarre lors de la première partie du 19^{ème} siècle avec la création des celluloids, plus récemment viennent des plastiques de grande distribution. Le polypropylène qui est le plus récent d'entre eux est apparu au début des années 50. Les procédés de fabrication ont évolué permettant une diversification de l'usage des polymères avec des produits qui n'ont rien à voir avec ce qu'ils étaient il y a 50 ans.

En particulier Ziegler et Natta (Prix Nobel 1963) sont deux pétrochimistes dont les noms ont marqué et marquent toujours l'univers du plastique. Leurs catalyseurs sont encore utilisés aujourd'hui.

Les différents types de polymères

Selon la manière dont on les compte, il y a 5 ou 6 grands types de polymères : le polyéthylène, le polypropylène, le PVC qui contient du chlore, le polystyrène et le polyester (figure 1).

Les **polyéthylènes de basse densité** donnent des produits flexibles que l'on retrouve dans toutes sortes d'usage : les sacs poubelles, les emballages alimentaires, etc.

Dans un second lieu, les **polyéthylènes de haute densité** essentiellement rigide. On les retrouve dans tout ce qui est flaconnage pour le lait, les détergents et les shampoings. Ce sont également les produits qui servent à faire des fûts ou des containers industriels.

Le **polypropylène** est un polymère extrêmement versatile dans ses utilisations. Cela va du paquet de chips, de la barquette de margarine jusqu'aux fibres. Aujourd'hui les fibres des tapis sont souvent en PP. Dans le secteur de l'automobile : les pare-chocs, les hayons, les tableaux de bord, ce qui contient votre airbag, tout cela c'est du polypropylène.

Le **PVC** est un exemple intéressant. C'est un produit qui était utilisé il y a encore une vingtaine d'années dans de nombreux usages, mais parce qu'il contenait du chlore et qu'il était vu comme écologiquement problématique, il a disparu de toutes les applications d'emballage, notamment des bouteilles d'eau. Aujourd'hui on le retrouve principalement dans 2 applications, les profilés de fenêtres et les tuyaux d'assainissement.

Le **polystyrène**, dont la production décroît d'environ 2% par an est utilisé dans les emballages alimentaires. Il a une propriété de sécabilité, c'est-à-dire que quand vous le pliez, il casse. C'est pour cela que vos pots de yaourts se détachent avec élégance. Les barquettes de viandes et tous les revêtements intérieurs de frigos sont faits en PS. Les tiroirs des réfrigérateurs sont également faits dans une autre variété de PS transparente. On le retrouve souvent dans l'électroménager. Une fois expansé, c'est un excellent isolant. En particulier lorsqu'on ajoute du graphite à l'intérieur pour qu'il reflète les infrarouges.



Figure 1 : Les 6 plastiques principaux omniprésents, durée de vie > 10 ans

Le grand gagnant parmi les polymères, celui qui se développe beaucoup en ce moment, c'est le PET, le **polyéthylène téréphtalate**. Ce sont toutes les bouteilles, bouteilles d'eau, de soda etc. Il a des propriétés qui sont intéressantes, mais surtout il a une recyclabilité supérieure aux autres polymères et peut être transformé en fibres. Ainsi a-t-il une deuxième vie possible sous forme de pantalons, chemises etc. Pour cette raison il se développe plus vite que les autres polymères. En 2015, on en produisait environ 310 millions de tonnes.

Production

Quelques mots sur les routes de production des polyoléfinés : il y en a deux. D'une part la voie « classique » partant du pétrole. Lors de la distillation du brut il y a une coupe qui s'appelle de l'essence ou Nafta. Celle-ci est envoyée dans un 'cracker' et là, avec beaucoup d'énergie et en présence d'eau et de catalyseurs, on obtient de l'éthylène et du propylène qui sont les molécules de base des polyoléfinés. Cette voie classique représente à peu près 50% de toutes les fabrications de polymères dans le monde.

Il y a une autre voie qui s'est développée plus récemment, qui est une voie sur base d'éthane. Le méthane (gaz naturel), une fois extrait, contient un peu d'éthane. L'éthane a des propriétés moins bonnes que celles du méthane. Par conséquent, on extrait cet éthane du méthane avant de le liquéfier et de l'envoyer en Europe par exemple. Cet éthane n'avait aucune valeur il y a encore vingt ou trente ans mais on lui a trouvé un usage en le mettant dans un 'cracker', qui le transforme en éthylène. Ainsi on a une matière qui ne coûte rien, ou presque et qui permet de fabriquer des polymères. Cette voie à partir du gaz s'est beaucoup développée, aujourd'hui elle représente une part significative de la fabrication des polymères. Ce qu'il faut garder en tête, c'est que cette voie d'accès aux polymères, que l'on retrouve au Moyen-Orient et aux Etats-Unis avec le développement du gaz de schiste, est beaucoup plus compétitive que la voie traditionnelle.

La production Européenne est quasiment intégralement sur base de Nafta. Donc, aujourd'hui, l'industrie européenne doit vivre avec des compétiteurs qui se développent très vite en passant par la voie gaz. Ceci force à des stratégies d'évitements, des fabrications de produits différenciés plus sophistiqués que ceux produits par ces compétiteurs moyens orientaux.

Par ailleurs la production de l'Europe stagne. Elle stagne pour deux raisons, la compétitivité industrielle déjà mentionnée, ainsi qu'un marché européen qui n'est plus en progression.

Les États-Unis, avec une situation de marché similaire, peut-être un peu plus dynamique, développent leur production. Etant sur une base gaz, ils sont à même de prendre des parts de marchés dans le reste du monde. Il en est de même pour les acteurs du Moyen-Orient, dont la croissance est portée par la production de gaz.

La Chine bénéficie d'un marché en croissance, de l'ordre de 5-6% par an selon les produits, et d'une matière première peu chère le charbon. Le charbon présente un inconvénient majeur, par tonne de polymères produits, on génère environ 4 tonnes de CO₂. C'est deux fois et demie plus qu'une des deux autres voies. À terme, la contrainte écologique viendra arrêter ce type de développement. Total, par exemple, avait un projet de carbochimie en Mongolie Intérieure (donc en Chine), qui a été abandonné, non pas parce qu'il n'était pas rentable, mais parce que l'impact écologique n'était pas acceptable. Il y a dix ans, en 2010, lorsqu'on a démarré ce projet, la conscience écologique que l'on avait était sans doute moindre mais d'un point de vue sociétal il n'était pas acceptable pour une entreprise comme Total de conduire des projets de ce type-là.

Le marché

La figure 2 montre les nouvelles capacités de production mise sur le marché dans les prochaines années. Cela permet de se faire une idée de la manière dont évolue le marché mondial. Le résultat en prenant le polyéthylène, le plus important des

polymères, sachant que nous parlons de capacité de production, est pour l'Europe stable, légèrement décroissant à l'horizon 2030, les États-Unis qui ressemblaient à l'Europe jusqu'à la découverte des gaz de schiste, a ajouté 10 millions de tonnes en l'espace de 5 ans, avec une deuxième vague en vue évidemment liée à la politique de M. Trump. On observe une croissance continue en Chine, qui en arrivera à l'autosuffisance d'ici ? ? ? Le Moyen-Orient croît, intégralement dû à l'export, le Qatar comptant 200 000 habitants pour 5 millions de tonnes de capacité. Et enfin, le reste du monde, qui végète et n'en produit que peu. Le polyéthylène avec une capacité de 150 millions de tonnes, est à un très bon niveau.

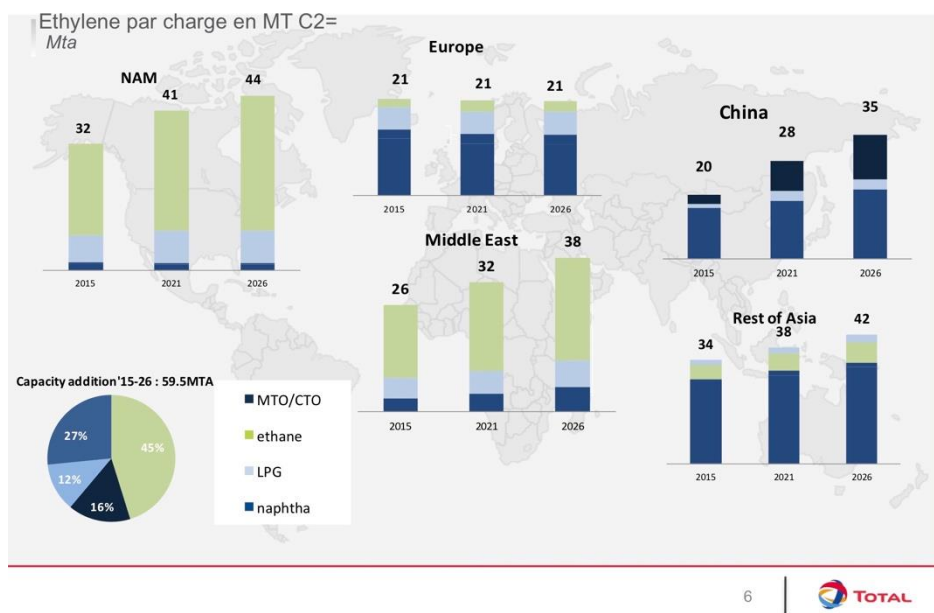


Figure 2 : Les unités sur charges avantagées capturent le marché (Moyen-Orient, USA, Chine)

Si on évoque la **consommation** on peut étudier le nombre de kilos de plastique consommé par habitant en fonction du PNB par habitant. Il en ressort que dans les pays émergents, il y a une relation de proportionnalité entre la croissance de la consommation de plastiques et la croissance du PNB. L'Afrique, l'Inde et le Pakistan, les états satellites russes et la Russie le montre. La Chine est assez décalée par rapport aux autres parce qu'elle produit pour le reste du monde : la consommation par habitant y est supérieure car la production de produits réexportés y est supérieure. Le graphique de la figure 3 illustre cette donnée : en bleu l'Europe, en rouge les États-Unis, et en orange le reste de l'Asie (donc typiquement le Japon). On voit que lorsqu'on atteint environ 80kg de plastique par habitant, peu importe la croissance du PNB, la quantité de plastique consommée reste constante, car il y a une limite à ce dont une personne a besoin (nombre de voitures, quantité de produits emballés consommés etc.). Il y a aussi un certain nombre de facteurs spécifiques à chacun des marchés qui prennent le dessus.

Néanmoins lorsque les choses se passent mal dans un pays, que l'économie va mal, il y a quand même un effet. Par exemple, durant la crise de 2008, entre 2008 et 2009, la consommation de plastique s'est réduite pour ensuite repartir tranquillement. En fait la consommation est plus liée à la croissance démographique qu'au PNB pour les pays développés. Si on projette cela en termes de volume, on observe qu'en 2005,

l'Europe, les États-Unis, le Japon, représentaient la moitié de la consommation mondiale de plastique. Aujourd'hui (2015), ils ne représentent plus qu'un tiers. Les deux tiers de la consommation mondiale sont situés en Asie ce qui n'est pas particulier aux polymères.

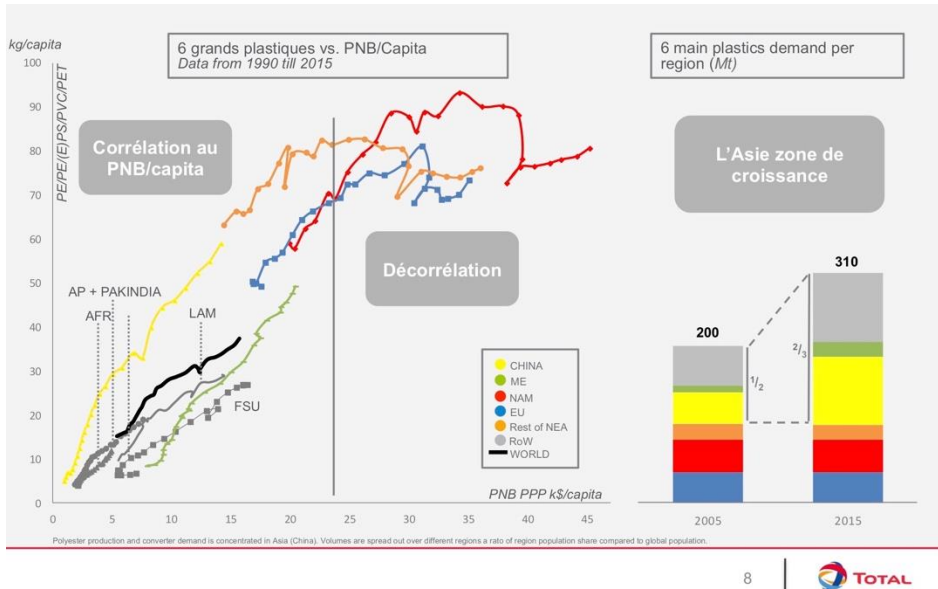


Figure 3 : Consommation de plastique par habitant corrélée au niveau de vie dans les pays émergents

Avantages

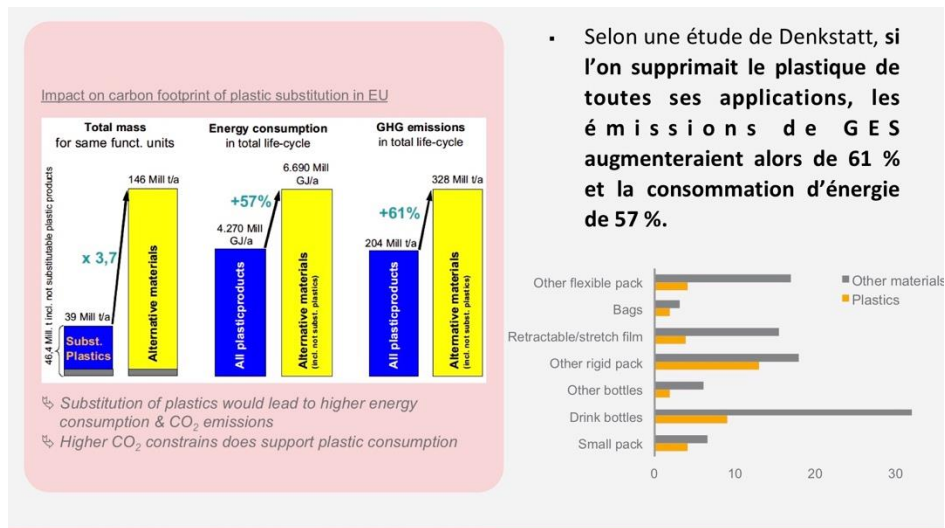
Les plastiques peuvent être des isolants et l'isolation est un des enjeux majeurs en termes d'économie d'énergie et en termes d'émission de CO₂. Si 50% des bâtiments européens étaient isolés aux meilleurs standards en Europe, on économiserait chaque année de l'ordre de 350 millions de tonnes d'émissions de gaz par an.

L'eau, nous en avons en principe autant que nous voulons, d'autres pas nécessairement, et c'est bien le plastique qui donne la possibilité de faire les réseaux d'adduction performants dans le monde entier.

Autre exemple : les voitures. 50% des composants dans une voiture sont en plastique et représentent seulement 10% du poids. Il y a donc en moyenne dans une voiture 200kg de plastique dont 100kg sont des polymères de spécialité, dit '*engineering polymers*' avec des propriétés très particulières. Puis il y a une centaine de kilos de polypropylène : les haillons, les pare-chocs, etc. Ces 200kg de plastiques assurent une légèreté qui réduit les émissions d'une voiture sur toute sa durée de vie d'environ 3%. Les voitures autonomes ne pourront qu'être faites en plastique. En effet les capteurs que nécessitent ces voitures autonomes (radar, lidar, IR etc.), ne fonctionnent pas au travers du métal : il est nécessaire de réaliser les avants de voitures où seront les capteurs, en une matière transparente aux ondes.

Autres exemples : La durée de vie d'un concombre dûment emballé est de 2 semaines au lieu de 3 jours, le fromage passe de 20 à 50 jours. De plus en moyenne, le fait de passer à un emballage en plastique divise le poids de l'emballage par quatre. Si tous les emballages étaient en plastique, les camions qui transporteraient les mêmes

produits, transporteraient moins de poids. Ce qui bien entendu aurait un effet sur sa consommation et son émission carbone. Une étude, réalisée par Deinstat (Institut allemand), datant de 2012, a montré que, en moyenne, la substitution du plastique pour repasser à d'autres types d'emballages (cartons, métaux, verre etc.) augmenterait le poids de ces emballages d'un facteur 4, et que la consommation d'énergie qui en résulterait serait environ de 60% supérieure.



12



Figure 4 : Les plastiques contribuent à réduire notre empreinte environnementale

En fait les plastiques **évoluent** de manière continue, les procédés de fabrication vont en s'améliorant d'année en année. Pour vous donner un ordre d'idée, Total aujourd'hui, produit 200 types différents de polymères. Une centaine de type de propylènes, 70 types de polyéthylène, chacun adapté à des usages très particuliers. Le polypropylène utilisé dans les pots de margarine, est un PP de très haute fluidité car il s'agit de remplir des moules dont l'épaisseur n'excède pas un millimètre. Si on cherche à faire un gazon artificiel, on recherchera d'autres propriétés, et pour les sacs, d'autres encore. Ainsi chaque année, nous faisons évoluer nos gammes de produits et nos procédés de fabrication pour être un peu plus performant. Le gros de ces améliorations vient des systèmes catalytiques.

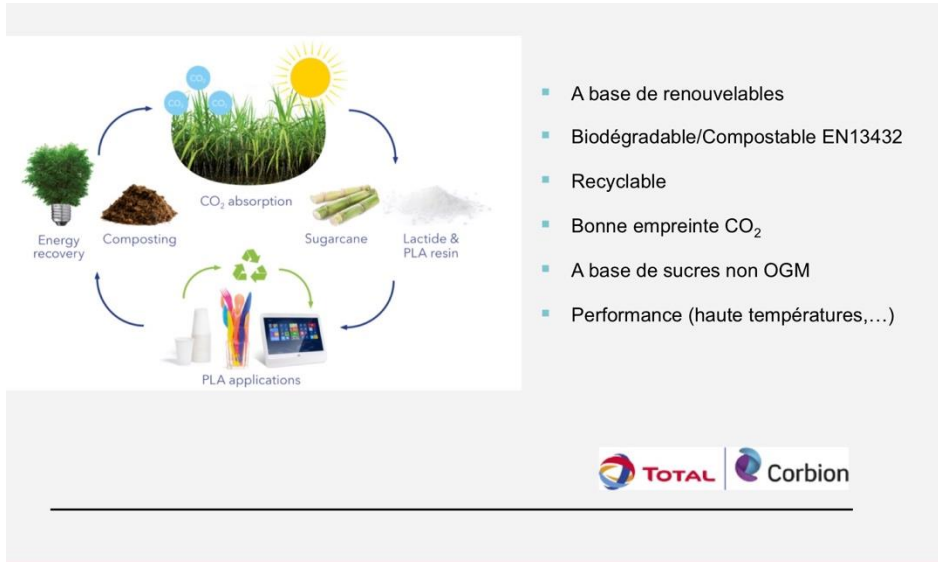
Comme les ingénieurs ne se satisfont jamais, ils sont arrivés à combiner deux propriétés différentes pour obtenir des propriétés spécifiques. C'est la pointe de la technologie en matière de polymère.

Il y a une vingtaine d'années, lorsqu'on voulait faire des sacs de 50kg de ciment, on utilisait des films qui étaient épais d'à peu près 150µm. ils ont aujourd'hui 100µm ; une tonne de polymères générant 2 tonnes de CO₂, en rendant plus fins les emballages, on réduit fortement l'empreinte carbone.

Bio-polymères

Total est présent dans les bio-polymères (figure 5), on a juste démarré en Thaïlande une unité de 75 000 tonnes d'acide polylactique, PLA, qui est à base de sucre.

La propriété première d'un bio-polymère, c'est son empreinte carbone extrêmement faible car il est issu de la photosynthèse.



OECD Global Forum on Environment, 29-31 May 2018 in Copenhagen, Denmark

16



Figure 5 : Bio-polymères : une empreinte carbone favorable, bio dégradables ?

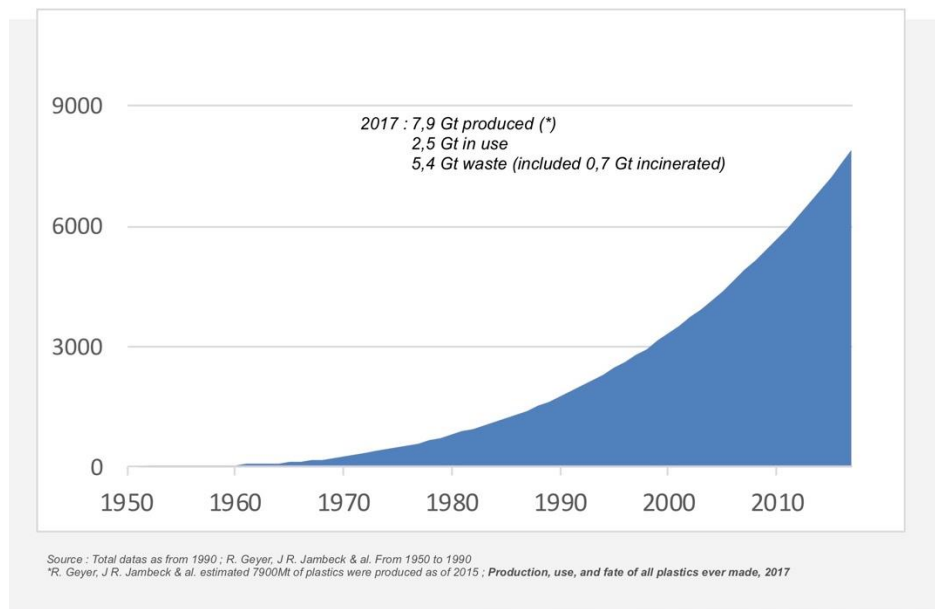
Néanmoins, le fait d'être bio ne change en rien (en tout cas pour ce type de polymère) sa fin de vie. Tous les bio-polymères ne sont pas biodégradables. Le PLA, qui est le plus important d'entre eux, est bio compostable en conditions industrielles mais ne se dégrade pas seul, caractéristique qui n'est pas assez connue. En fait si on ne s'occupe pas correctement de la collecte et du tri du bio-polymère, il devient un polluant du flux de recyclage des grands polymères. Autrement dit, si on a du PLA au milieu d'autres polymères, il va polluer le flux et va rendre le recyclage beaucoup plus compliqué. En conclusion, les bio-polymères sont une solution pour réduire les empreintes carbone mais ne sont pas une solution définitive.

Les inconvénients

Vous avez sur la figure 6 la production cumulée de plastique depuis les années 50, on voit qu'elle croît de manière exponentielle (il s'agit de la production cumulative et non pas annuelle). Actuellement nous en sommes à 8 milliards de tonnes qui ont été produites mondialement depuis les années 50. Sur ces 8 milliards de tonnes il y a des applications non durables et des applications durables (durée de vie entre 30 et 40 ans), il en reste 2, 5 milliards encore en usage. Le reste est pour 700 millions de tonnes brûlé, et avec un peu de chance, l'énergie de ces plastiques brûlé a été récupérée, le reste est en décharge ou perdu dans l'environnement.

Lorsque la quantité de déchets plastiques atteint 8 milliards de tonnes autour de nous, il faut se poser certaines questions. La première d'entre elles : si l'on ne fait rien d'ici 2050, la quantité de plastique dans les océans sera supérieure à la quantité de

poissons. Aujourd'hui on estime qu'il y a environ 150 millions de tonnes de plastiques dans les océans et qu'il y a 800 millions de tonnes de poissons.



Titre de la Présentation – Lieu et Pays – Date Jour Mois Année

17



Figure 6 : Évolution de la production de plastiques

Tout le monde n'est pas égal par rapport aux émissions de déchets de plastique, 85% des émissions viennent d'Asie. L'Inde, le Pakistan, le Bangladesh, l'Indonésie, l'Asie du sud-est, le Viêt Nam, la Chine et les pays d'Amérique du sud traitent beaucoup moins bien leurs déchets par rapport à l'Europe et surtout par rapport aux États-Unis. En effet, les États-Unis bénéficient d'un système, même s'il n'est pas parfait, qui permet de brûler, de mettre en décharge ce qui empêche, du moins en partie, de perdre ces plastiques dans les fleuves, rivières et océans.

D'une façon générale si on veut traiter le problème de fin de vie des plastiques il est essentiel de donner une économie aux tris et à la collecte des plastiques usagés. L'unique moyen de le faire est de recycler ces déchets et de les revaloriser.

Il y a aussi un nouveau sujet, celui des micro-plastiques. En effet, le plastique se détériore sous l'effet de l'eau, des UV etc. et peut rentrer dans la chaîne alimentaire ; on ne sait toujours pas l'étendue des effets de ceux-ci sur notre santé.

Le recyclage

La série "Planète Bleue" produite par la BBC a été le déclencheur de tout un mouvement. Aujourd'hui, en Europe, il y a à peu près 50 millions de tonnes de plastiques consommés et uniquement 26 millions collectées. On récupère aujourd'hui ce qu'on a produit il y a 40 ans ; comme on en produisait beaucoup moins, on en récupère aussi beaucoup moins. Sur ce qui est récupéré 30% vont en décharge, 40% en valorisation thermique, on capte alors la chaleur pour en faire quelque chose, et 30% sont préparés

pour le recyclage. Sachant que ces 30% représentent autour de 8 millions de tonnes, sur ces 8 millions seuls 3 millions sont effectivement recyclés.

Pourquoi ? D'abord parce qu'il y a un effet de rendement. Le recyclage consiste à prendre ce qui sort de vos poubelles, ou plus généralement celles des industriels, à les trier puis à les broyer, à les laver avec une solution aqueuse de soude ; une fois lavés on les récupère.

Autrefois la Chine récupérait 2 à 3 millions de tonnes de nos déchets plastiques, mais la Chine, en 2018, a arrêté de les racheter. Du coup, une forme "d'embouteillage" de déchets perdus s'est créée, ce problème n'est toujours pas réglé.

Selon les pays, le traitement des plastiques est très différent (figure 7). Sans surprise, la Suisse recycle ou incinère 98, 9% de ses plastiques puis viennent ensuite l'Allemagne, l'Autriche, le Luxembourg, la Belgique, la Suède, la Norvège, puis on arrive en Finlande et en France où le taux de recyclage ou d'incinération atteint 60%, ce qui est relativement bas, on descend au Royaume-Uni à 30%. Ensuite on trouve la Grèce, la Lituanie, Chypre, Malte etc.

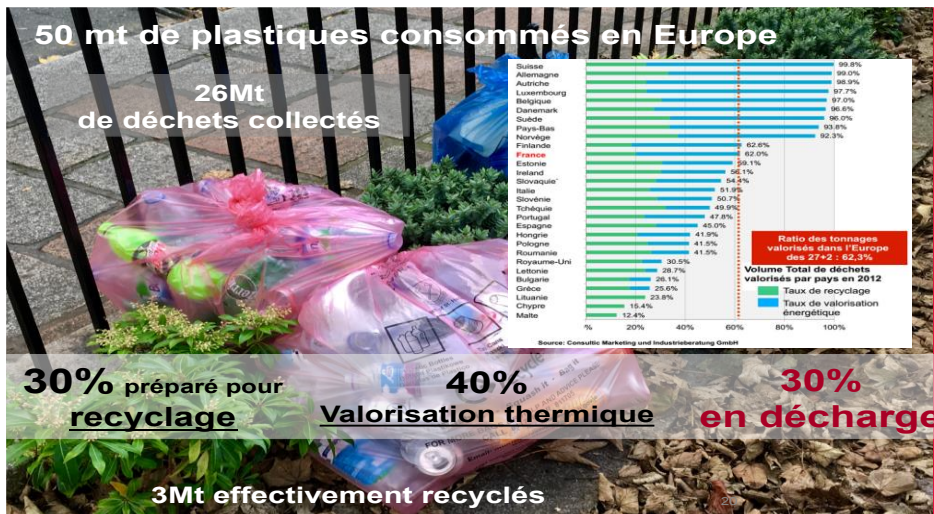


Figure 7 : Recyclage des 50 Mt de déchets plastiques produite en Europe

Nos enfants le veulent, nous le voulons, la société civile le veut, donc le recyclage devient un business.

Procter et Gamble a pris il y a 2-3 ans, l'engagement (figure 8) de n'utiliser que des plastiques recyclés ou bio-sourcés d'ici 2020, ils n'y arriveront pas. Ils ont, depuis, repris d'autres engagements pour 2025. Ikea est allé plus loin encore dans la démarche, il a pris des parts, environ 25%, du plus gros recycleur européen pour essayer de vivre ses engagements. Pour certaines sociétés, cette image consciencieuse est absolument majeure.

Danone, dont l'alpha et l'oméga de leur positionnement marketing est la santé et le bio, ont pris des engagements : 30% de plastiques bio-sourcés ; ils y travaillent. Unilever a pris le même genre d'engagement. ISA et Renault avaient une longueur d'avance sur tous, car ils consomment des produits recyclés depuis plus d'une dizaine d'années, cela leur revenait moins cher. Le fait est que leur politique d'achat les a amenés à consommer des produits recyclés beaucoup plus tôt que les Allemands, qui pensent que les plastiques vierges sont synonymes d'une meilleure qualité et ont donc un taux de zéro. Les uns comme les autres ont pris des engagements pour à peu près un tiers de leur

consommation d’ici 5 ans. D’autres se sont positionnés sur leurs émissions carbone. L’Oréal par exemple a choisi d’essayer d’être neutre en émissions carbone.

Une autre voie intéressante est celle des « close-up », soit les boucles fermées, ils essaient de récupérer les produits qu’ils vendent pour les recycler et les revendre. Nos politiques n’ont pas tardé à suivre : par exemple, la commission européenne a proposé une nouvelle réglementation qui a été votée il y a peu. Celle-ci stipule que 100% des emballages, d’ici 2030, doivent être recyclables.

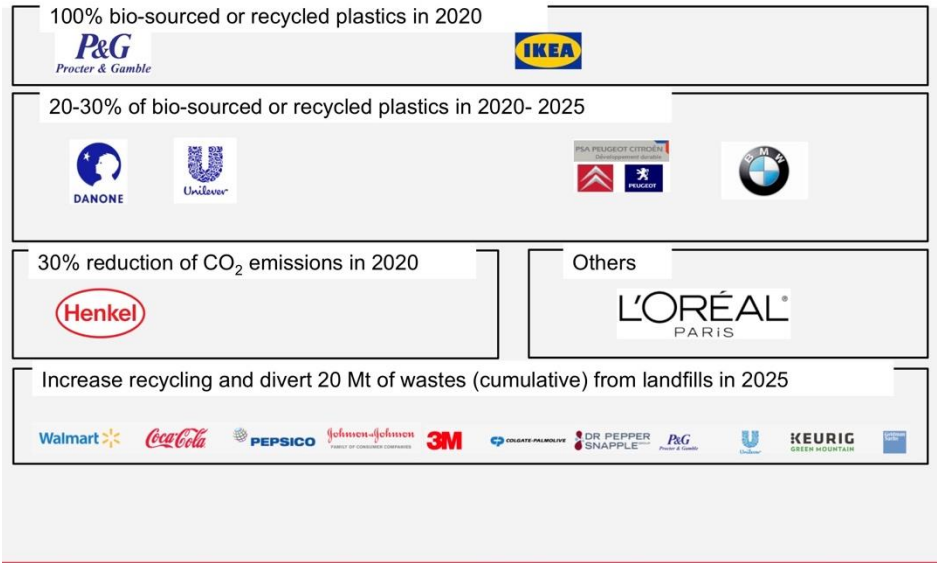


Figure 8 : Engagements de recyclage des grands donneurs d'ordre

Qu’est-ce qu’un emballage recyclable ? Plus un emballage est complexe, moins il est recyclable. Pour reprendre l’exemple des films multicouches, si vous avez un film qui fait 200 µm d’épaisseurs avec 5 matériaux différents, il est virtuellement impossible de le récupérer.

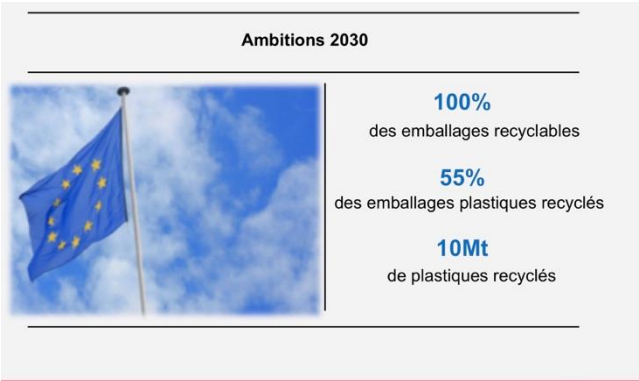


Figure 9 : Réglementations européennes de recyclage des plastiques

Il faut donc moins de matériaux et qu'ils soient moins colorés : en effet en recyclant toutes les couleurs on obtient un gris peu sympathique. Au total 55% des emballages plastiques devraient être effectivement recyclés, ce qui correspond à peu près à 10 millions de tonnes.

Ce ne sont pas les seules initiatives réglementaires, le Royaume-Uni s'est lancé dans des propositions qui imposent un taux de recyclage, un tiers de la consommation doit être recyclé pour ne pas être taxé. On s'achemine donc étape par étape, en Europe, vers des réglementations avec un taux minimal de recyclage.

Qu'est-ce que le recyclage concrètement ? Il y a deux grands types de recyclages possibles (figure 10). Il y a le recyclage mécanique, on prend ce qu'il y a dans vos poubelles, une fois pur (à 96%) après tri et lavage, on le met dans une extrudeuse où on le chauffe par friction. Le plastique usagé devient alors une pâte que l'on transforme en petits granules pour les revendre. C'est le moyen le plus basique et lorsqu'on veut améliorer les propriétés du produit, on ajoute des additifs. Aujourd'hui en Europe il existe 2 à 3 millions de tonnes de capacités de recyclage. Si on se ramène aux objectifs de 10 millions de tonnes de la commission européenne, cela veut dire que l'on doit multiplier par 4 notre capacité de recyclage d'ici 2030.

Un problème : personne n'a envie de manger dans un pot de yaourt qui vient des poubelles de son voisin. Aussi l'agence européenne de sécurité alimentaire a des processus extrêmement rigoureux qui font qu'obtenir un agrément alimentaire prend 4 ou 5 ans. Or, aujourd'hui la plus grande partie des produits vierges vendus par Total ont des agréments alimentaires : si vous fabriquez des seaux pour la peinture vous pourriez aussi l'utiliser pour faire de la mayonnaise. Ainsi le type de plastique devient important, l'alimentarité est un vrai sujet.

Recyclage mécanique:

- Techniquement mature
- Dépendant de la qualité des matières premières
- Permet d'ajuster les propriétés physiques du plastique recyclé
- Ne permet pas d'obtenir des matières aptes au contact alimentaire



Recyclage chimique:

- Au stade pilote, produit des huiles recyclables dans des raffineries
- Permettrait d'obtenir des polymères recyclés alimentaire
- Economie, intérêt très dépendant de la capacité de purification des huiles

Upcycling path	Re-use in plastic	Maturity (TRL)		
		R&D (1-4)	Pilot / Demo (5-8)	Industrial (9)
Pyrolysis	Potential	BOREALIS	BOREALIS	BOREALIS
Depolymerization	Non-Direct	BOREALIS	BOREALIS	BOREALIS
Gasification	No	BOREALIS	BOREALIS	BOREALIS
Plastic to fuel	No	BOREALIS	BOREALIS	BOREALIS

Figure 10 : Les deux grandes filières de recyclage

Le deuxième type de recyclage est le recyclage chimique, communément qualifié de 'bourrins' par nos ingénieurs. C'est-à-dire que le recyclage chimique, à de

rare exceptions près, prend des ordures recyclables, les porte à très haute température ; on obtient ainsi une huile que l'on peut réinjecter dans la fabrication comme si c'était du Nafta. La difficulté provient des impuretés chimiques, par exemple du sel de cuisine. L'huile contient du chlore ; s'il y a des agents anti-feu l'huile sera polluée au brome. Or toutes les installations de pétrochimie ne sont conçues que pour recevoir du carbone et de l'hydrogène et non des halogènes ou des métaux. Le vrai challenge revient donc à mettre en place des installations adéquates. Cependant tous les concurrents dans ce domaine, beaucoup de startup, ne sont qu'au stade du pilote, de la démonstration et ne sont pas passés au stade industriel, pourquoi ? Parce que si cracker est facile faut-il encore être capable de purifier le produit à cracker.

Pour demain, il y a autant de visions sur le recyclage qu'il y a de consultants : Macinsey a prévu que en 2030 50% des polymères seront recyclés et que 50% iront soit en incinération soit en décharge, et que sur ces 50% recyclés il y en a à peu près la moitié recyclé sous forme mécanique avec 20% de pertes, le reste étant récupéré chimiquement sous forme d'huile. Le point de vue de Total est un petit moins optimiste, seul 30% seront recyclés. Le petit flux de 4% qui apparait sur la figure, correspond au polyéthylène téréphthalate, PET, dont on a parlé plus haut. Comme c'est un polymère un peu plus fragile, on peut le décomposer chimiquement et le ramener à sa matière première plus facilement.

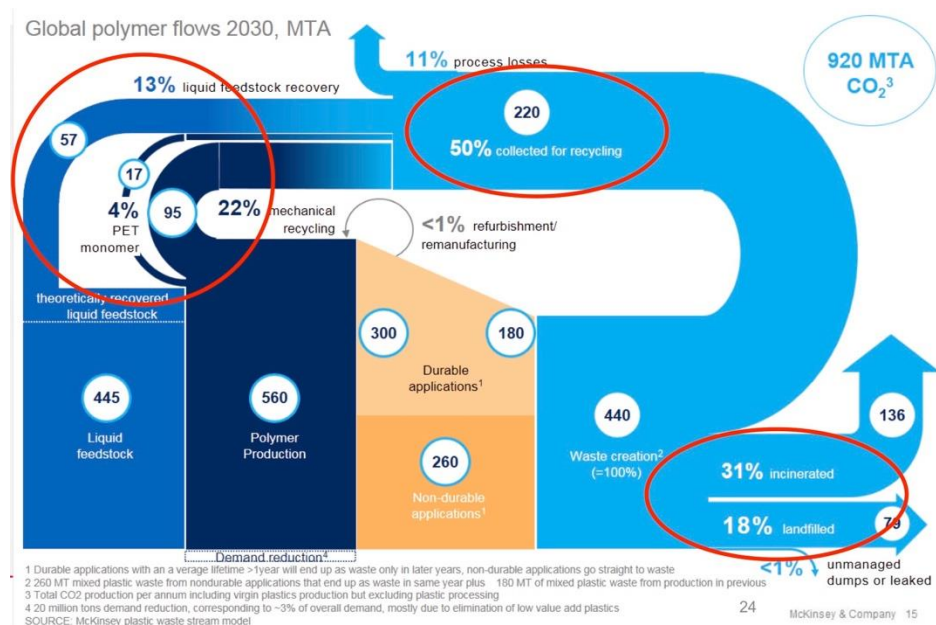


Figure 11 : Avenir du recyclage

Il faut également rappeler que pour une tonne de polymère vierge produite c'est deux tonnes de CO₂, en recyclage mécanique c'est une tonne, en recyclage chimique ça peut aller de très peu à 4 tonnes et que selon les procédés on est obligé de fournir un fort niveau d'énergie.

Conclusion

En conclusion, on a vu que la société civile est convaincue, que le législateur est convaincu, que l'industrie pétrochimique est également convaincue que le futur des polymères tient à la capacité de gérer le problème de leur fin de vie. On est convaincu d'une deuxième chose, c'est que personne dans la chaîne de valeur (producteurs, transformateurs, donneurs d'ordres, recycleurs (comme Veolia qui collecte) etc.) ne détient suffisamment d'emprise sur le sujet pour régler le problème seule. Donc on a créé il y a quelques mois, l'alliance 'Alliance to End Plastic Waste'(figure 12), pour éliminer les déchets plastiques. On y retrouve beaucoup des grandes industries pétrochimiques (Exxon par exemple, DSF, SABdi Aramco). On y retrouve également Veolia, Procter et Gamble, Unilever. Donc toute la chaîne est présente. Cet ensemble d'industriels, s'est engagé dans les 5 ans à venir, à mettre un milliard de dollars sur la table dans des projets qui soient des projets de nettoyage, des projets de recyclage, des projets d'amélioration de l'utilisation des polymères dans le but d'adresser de manière pratique le sujet. Certains de ces projets iront en particulier vers l'Asie, étant, comme on l'a vu, le problème le plus sensible. Au-delà de ce milliard, il y a également un objectif de 1, 5 milliards d'investissement

Aujourd'hui le sujet de la fin de vie des plastiques est passé d'un sujet périphérique à une des composantes d'activités économiques pour toutes ces sociétés, Total inclus. Patrick Poullanet a expliqué que pour lui en dessous d'un million de tonnes de recyclage n'était pas dans les échelles sur lesquelles Total devait travailler. La direction de toutes ces grandes sociétés a bien compris que c'était une condition de continuation de nos activités et en a fait également un sujet de développement industriel. C'est cet aspect-là qui me rend le plus confiant sur notre capacité à faire évoluer les choses.



Figure 12 : Mobilisation de l'industrie pétrochimique contre le gaspillage du plastique.

Dans tous les cas de figure, la condition du traitement des plastiques est une condition *sine qua non* pour continuer à en produire.