

Mai 2022

# Écoconception et recyclage des emballages en PET opaque

2011–2022 : retour d'expérience sur la  
création d'une filière de recyclage en France



**CITEO**

Donnons ensemble une  
nouvelle vie à nos produits.

# Sommaire

<b>1. Synthèse</b>	<b>3</b>
<b>2. Rappel du contexte</b>	<b>4</b>
<b>3. Écoconception</b>	<b>8</b>
Enjeux	9
Avancement des travaux	10
<b>4. Filières de recyclage</b>	<b>12</b>
Enjeux	13
Avancement des travaux	14
<b>5. Nouveaux débouchés</b>	<b>16</b>
Enjeux	17
Avancement des travaux	17
<b>6. 2 ans après la R&amp;D, où en est-on ?</b>	<b>20</b>
<b>7. Conclusion</b>	<b>22</b>

# 1. Synthèse

## PET opaque : 10 ans de travaux et de progrès

D'abord portée par le COTREP puis par un ensemble de mesures mises en œuvre par Citeo, la recyclabilité des emballages en PET opaque a fait l'objet de 10 ans de travaux collectifs. Ils sont aujourd'hui recyclés en France, dans la filière historique du PET coloré mais également depuis deux ans dans des filières dédiées, au travers du « flux développement ». Citeo vous propose de revenir sur les faits marquants de cette innovation dans l'emballage et un tour d'horizon de la situation en 2022.

Les emballages en PET opaque sont apparus au début des années 2000 et ont connu une forte croissance à partir de 2009. Les régénérateurs de PET coloré se sont accommodés des premières bouteilles mais à partir de 2014 ils ont rencontré des difficultés dans leur activité, entraînant des limitations d'incorporation du PET opaque dans les débouchés traditionnels : la fibre et le strapping.

À partir de 2017, un ensemble de mesures a été déployé pour trouver une sortie positive à cette situation :

- ⇒ Une stabilisation des tonnages mis en marché avec des engagements des entreprises
- ⇒ Un malus dans le tarif Citeo pour les metteurs en marché imposé par l'État pour les emballages rigides en PET opaque contenant plus de 4 % de minéral
- ⇒ Un travail d'écoconception sur tous les emballages en PET opaque, quels que soient les taux de minéral incorporés (en-dessous et au-dessus des 4 %)
- ⇒ Un programme d'actions doté d'un financement de 2,5 M€ sur trois axes :

- L'écoconception, avec la perspective de pouvoir baisser les taux de charges minérales qui posent problèmes ;
- Le recyclage, avec une meilleure maîtrise des PET opaques présents aujourd'hui dans la matière à recycler ;
- Les débouchés, avec l'ouverture vers de nouvelles utilisations de ces plastiques, notamment via des procédés chimiques.

⇒ Un second programme de R&D plus global sur le recyclage des plastiques a retenu deux projets pour continuer à tester le recyclage en emballages et en fibres.

⇒ La création d'un groupe de travail européen dédié à la recherche de solutions et au partage des bonnes pratiques, porté par Petcore. Citeo participe au pilotage de ce groupe.

⇒ Le déploiement du « flux développement » permettant notamment la production de balles de PET opaque pour des filières de recyclage dédiées.

Deux ans après ces mesures, des résultats concrets sont observables. En écoconception, on observe une baisse significative de l'opacifiant dans les emballages nécessitant une barrière à la lumière ainsi que des emballages qui se sont tournés vers le PET clair. Côté recyclage, les emballages en PET opaque sont recyclés et les programmes d'actions ont contribué à l'émergence de filières dédiées, dans l'emballage alimentaire notamment.

## 2. Rappel du contexte

### Emballages en PET opaque : une innovation qui a pris de l'ampleur

Depuis 2010, plusieurs secteurs dont les produits étaient conditionnés en PEHD ou en briques se sont ouverts à un nouveau matériau, le PET opaque, qui était apparu aux débuts des années 2000. Ce matériau présente différents avantages industriels, environnementaux, économiques. Il permet l'allègement de la bouteille, supprime l'opercule alu et apporte aux consommateurs des fonctionnalités pratiques : le bouchon est plus étanche, la bouteille se ferme mieux.

Le PET opaque, association de PET et d'un opacifiant minéral s'est depuis, développé et les tonnages mis en marché ont augmenté rapidement atteignant 10 à 12 000 tonnes en 2017, dont 40% dans le secteur du lait UHT, 40 % dans d'autres segments alimentaire et 20 % dans les produits cosmétiques et les produits d'entretien. La croissance est nette, même si le PET opaque représentait à cette époque moins de 3 % des 470 000 T de bouteilles et flacons en plastique mis en marché chaque année en France.

### Des contraintes liées à la présence des charges minérales...

L'utilisation d'un opacifiant minéral a été identifiée dès le départ comme un paramètre à prendre en compte pour évaluer l'aptitude au recyclage de ces nouveaux emballages, dans la mesure où le minéral modifie les caractéristiques mécaniques de la résine par rapport à un PET transparent (qui n'en contient pas).

Les faibles tonnages de PET opaque étant recyclés en mélange avec l'ensemble des PET colorés, le taux de minéral doit être apprécié d'une part sur les emballages opaques eux-mêmes, et d'autre part sur le flux dans lequel ils sont mélangés (PET coloré).

Citeo, Elipso et Valorplast, via le COTREP (Comité Technique pour le Recyclage des Emballages Plastiques<sup>1</sup>), ont engagé des travaux dès que le PET opaque est apparu sur le marché et publié en 2013 un avis technique sur la possibilité de recycler les bouteilles & flacons en PET opaque avec celles en PET coloré (de type bouteilles d'eau gazeuse). Les tests ont montré les limites techniques d'un recyclage en mélange : en trop grande quantité et sans maîtrise de ces quantités, les additifs opacifiants (Dioxyde de Titane TiO<sub>2</sub>, carbonate de calcium, ...) ne permettent plus à la matière recyclée d'être utilisée par les producteurs de fibre recyclée (débouché principal de la matière). L'avis technique a été actualisé et complété en 2015.

Le COTREP a établi le seuil maximum d'intégration de PET opaque dans le flux de bouteilles et flacons en PET coloré produit par les centres de tri à 15 % (application fibre). Le taux mesuré était en 2017 de 14% en moyenne, mais la composition des balles varie selon les régions et selon les saisons : ce sont ces variations et les pointes de concentration, parfois supérieures à 20%, qui sont susceptibles de poser le plus de problèmes au niveau du recyclage, pour le filage des fibres et pour leur résistance mécanique. Les recycleurs à qui sont livrées les balles de PET coloré retiraient alors, par précaution, la partie qu'ils jugent excédentaire de bouteilles en PET opaque contenues dans les balles issues des centres de tri, avec comme conséquence une perte de rendement et des coûts supplémentaires d'élimination : d'où un impact direct sur la rentabilité d'entreprises de recyclage qui traversaient un contexte économique difficile, en raison du niveau de prix bas du pétrole et des plastiques vierges.

### ... et aux codes de marché

La présence de charges minérales n'est pas la seule cause des difficultés du recyclage du PET opaque. La couleur des résines recyclées contenant du PET opaque n'est en effet pas celle des codes de marché

<sup>1</sup> Le Syndicat des Régénérateurs de Plastiques (SRP) a depuis rejoint le Cotrep

pour les principaux débouchés ; la demande portant essentiellement sur des résines bleues ou vertes, translucides. Aussi, même lorsque les caractéristiques mécaniques sont conformes, le PET recyclé contenant de l'opaque a moins de demande et moins de valeur que le PET translucide, voire ne trouve pas de clients lorsque ceux-ci peuvent acheter d'autres qualités à bon prix.

Le constat général est le suivant : dans les autres pays européens comme en Amérique du Nord, les opérateurs de tri et les recycleurs préfèrent extraire les emballages en PET opaque et les mettre en refus pour mieux vendre leurs balles colorées translucides, puisque le marché les valorise davantage. Le PET opaque est donc pour le moment peu ou pas recyclé. Mais jusqu'à maintenant leur proportion sur les marchés était très faible. Il est vraisemblable que lorsque les tonnages augmenteront, les acteurs seront amenés à reconsidérer ces standards de marché et ces codes couleurs qui les privent de la possibilité de valoriser de la matière apte à être recyclée, et que de nouveaux se structureront.

En Italie, certains centres de tri dédiés aux plastiques et aux métaux produisent des balles de PET blanc pour mener des essais de recyclage chez les recycleurs de PET coloré pour faire de la fibre ou des liens de cerclage

En 2017, la France est allée plus loin que d'autres pays grâce à différents acteurs et notamment grâce à l'initiative de Freudenberg Performance Materials qui recycle près de la moitié des PET colorés et opaques dans la production de textiles industriels non-tissés, pour l'isolation des toits et des terrasses. Il s'agit d'une filière très technique de recyclage. Le produit fini étant enduit de bitume, le code couleur importe moins, en revanche la qualité mécanique de la fibre est un critère essentiel.

## Le programme d'actions lancé par Citeo

L'analyse ci-dessus montre que la question du PET opaque présente plusieurs dimensions, à la fois techniques, marketing et de perception. Elle implique toute la chaîne du recyclage, les producteurs et les metteurs en marché, les centres de tri, les recycleurs et les négociants. Face à ce constat, Citeo a lancé un programme de R&D sur la période 2017-2019 afin de consolider des solutions pérennes à long terme et économiquement viables de recyclage pour le PET opaque. L'approche proposée prend en compte la transversalité de la problématique, depuis la conception des emballages jusqu'à leur recyclage, et se décompose en trois axes :

- ⇒ **Écoconcevoir les emballages en PET**, pour réduire ou supprimer les contraintes créées au recyclage par les charges minérales actuelles, tout en conservant la fonctionnalité de protection à la lumière des produits sensibles comme le lait
- ⇒ **Préserver les procédés et les filières de recyclage actuels**, via un programme de coopération avec les recycleurs pour mieux connaître les matières entrantes et les productions sortantes et résoudre les difficultés qu'ils rencontrent
- ⇒ **Développer de nouveaux débouchés pour le recyclage**, de façon à pouvoir absorber la croissance des tonnages si le PET opaque gagne des parts de marché à l'avenir

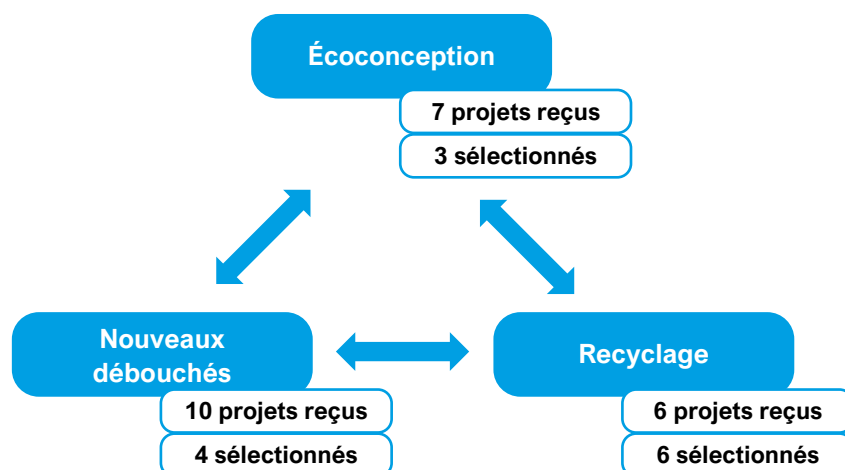
Ce programme s'est notamment traduit par un appel à projets lancé au printemps 2017. Des cahiers des charges ont été élaborés et publiés largement, par plusieurs canaux (site internet, presse spécialisée, ...).

Au total 23 dossiers de candidatures ont été reçus, parmi lesquels Citeo a retenu 13 projets présentés dans le tableau de la page suivante.

2 projets supplémentaires ont été sélectionnés fin 2018 par Citeo lors d'un appel à projet plus Générale sur le développement du recyclage.

### Les 13 projets retenus par Citeo

Entreprises		Projet
Écoconception		
1	Laiterie de Saint-Denis de l'Hôtel, Laiterie Saint Père, PDG Plastiques, Société Générale des Techniques (SGT)	Réduction du taux d'opacifiant dans les bouteilles de lait en PET opaque
2	Laiterie de Saint-Denis de l'Hôtel, Laiterie Saint Père, PDG Plastiques, Société Générale des Techniques (SGT)	Recherche d'une solution de rupture par rapport au PET opaque actuel, pour le lait UHT
3	Lesieur	Réduction, substitution ou suppression de l'opacifiant dans les emballages de conditionnement d'huiles et condiments
Recyclage, débouchés actuels		
4	Freudenberg Performance Materials	Contraintes techniques, Bilan matière, Adaptation du process, Travaux avec les clients, Recherche de nouveaux marchés.
5	France Plastiques Recyclage	
6	Suez RV Plastiques Atlantique	
7	Dentis	
8	Nord Pal Plast	
9	Wellman France Recyclage	
Développement de nouveaux débouchés		
10	Plastipak Packaging France	Recyclage du PET opaque pour un retour à l'emballage apte au contact alimentaire
11	Laiterie de Saint-Denis de l'Hôtel, Laiterie Saint Père, PDG Plastiques, Société Générale des Technique (SGT), Paprec, Interdis (groupe Carrefour), ITM AI (groupe Intermarché), Silve	Recyclage du PET opaque pour un retour à la bouteille apte au contact alimentaire
12	Soprema	Recyclage chimique des barquettes PET et du PET opaque en mélange
13	Rondol Industrie	Développement d'une ligne de recyclage de paillettes de PET opaque pour l'impression 3D et l'injection



**Les grands acteurs du secteur sont impliqués dans ce programme de R&D** : la liste comprend les deux laiteries utilisant aujourd'hui du PET opaque pour le conditionnement de lait UHT sur le marché français, leurs fournisseurs de préformes, la grande distribution, un grand groupe international de l'agro-alimentaire, les sept principaux recycleurs de PET issus des centres de tri français, un groupe industriel portant un projet de recyclage chimique, et une entreprise de technologie.

Le programme d'actions de Citeo sur le PET opaque comprend également des échanges avec d'autres **grands industriels de l'emballage plastique** qui ne sont pas dans la liste des projets et qui mènent d'autres initiatives, sur la réduction de minéral comme sur les différentes techniques d'opacification

(colorants, charges minérales, manchons éventuellement, etc.)

**Citeo participe activement aux travaux menés à l'échelle européenne** par l'association PETCORE et anime le groupe de travail spécifique sur l'écoconception des emballages en PET opaque. Au sein de cette association, la France est aujourd'hui en première ligne dans la recherche de solutions pour l'écoconception et le recyclage du PET opaque.

Le financement total alloué par Citeo à ces actions s'élève à environ 2,5 millions d'euros sur 2017 et 2019.

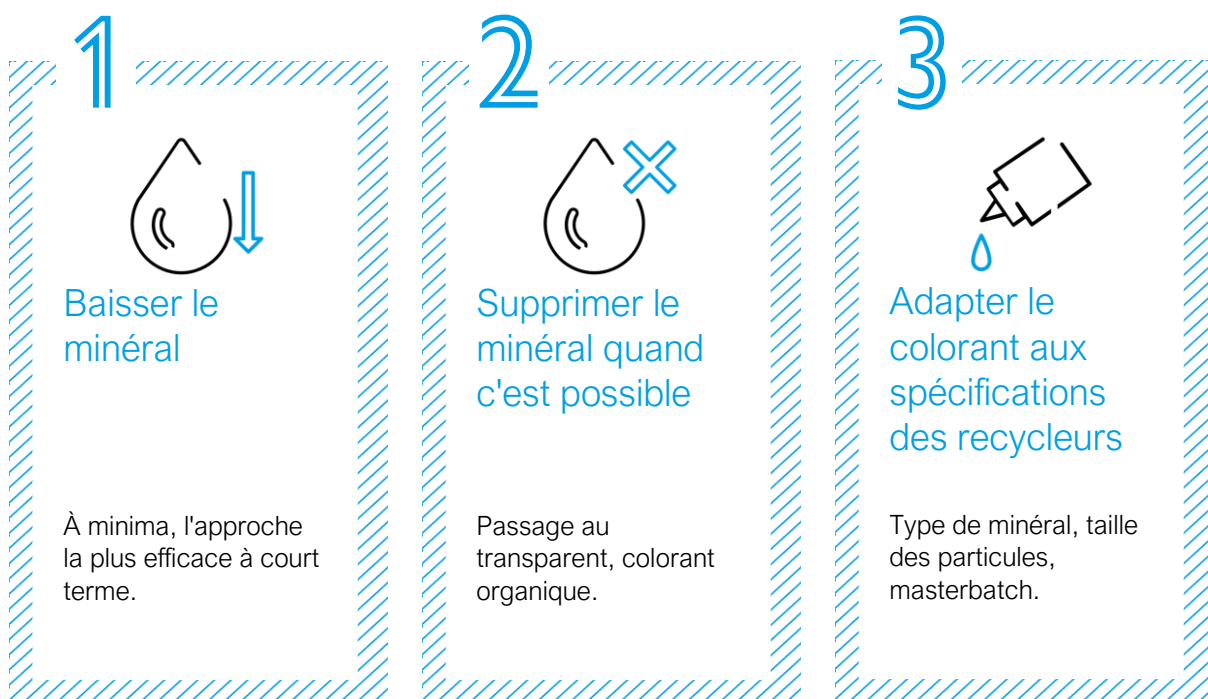
**Citeo a sélectionné 2 autres projets en 2018 pour poursuivre la R&D sur le PET opaque :**

Entreprises		Projet
<b>Recyclage, débouchés actuels</b>		
1	<b>Freudenberg Performance Materials</b>	Augmenter la quantité de PET opaque pouvant être incorporée dans la fibre
<b>Développement de nouveaux débouchés</b>		
2	<b>Dentis Société Générale des Techniques (SGT) Société Générale de Recyclage (SGR) Valorplast</b>	Recyclage du PET opaque en emballages

Ces projets se terminent en 2022.

# 3. Écoconception

3 leviers d'action clés :





# Enjeux

Des fonctionnalités sont attendues de l'emballage opaque pour la protection des produits.

**Le lait UHT par exemple est un produit sensible à la lumière.** L'exposition à la lumière déclenche l'oxydation de la riboflavine (vitamine B2) et des porphyrines (dont la chlorophylle). Au-delà de la baisse des apports nutritifs du lait pour le consommateur, cela change le goût du produit. Le lait frais n'a pas les mêmes contraintes de conservation notamment car il est conservé au frais et sur des durées beaucoup plus courtes.

En 2017 au début des travaux de R&D, la protection du lait avait pour contrepartie l'ajout dans l'emballage d'une quantité de colorant opacifiant supérieure à ce que l'on constate pour les autres produits. La protection est apportée par différentes techniques d'emballages avec une ou plusieurs couches, et par des colorants avec ou sans charges minérales. Un colorant est composé principalement de pigments et d'un polymère. La protection du lait par l'emballage est encadrée par la réglementation française.

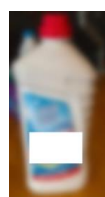
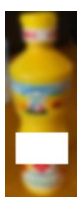
Au recyclage, plusieurs facteurs sont à étudier qui peuvent impacter l'écoconception :

- ⇒ La quantité de pigments apportés par les emballages,
- ⇒ La taille de ces pigments,
- ⇒ La couleur de ces pigments pour les débouchés sensibles à la couleur,
- ⇒ La nature de la base polymère utilisée pour porter les pigments.

Le PET opaque regroupe des emballages très différents entre eux au regard de ces quatre facteurs.

Il est impossible de distinguer à l'œil nu un emballage en PET contenant du minéral d'un emballage fortement coloré, sauf pour la couleur blanche qui ne peut être produite qu'avec des pigments minéraux (essentiellement du  $\text{TiO}_2$ ). En 2017, Citeo a analysé 50 emballages en PET coloré présents sur le marché français via un laboratoire indépendant pour mesurer le taux de minéral des emballages et la nature des pigments utilisés.

Les bouteilles de lait UHT représentaient alors 40 % du gisement de PET opaque mais 80 % de l'apport en minéral arrivant chez les recycleurs, avec un taux de minéral compris entre 5 et 10 % dans les emballages selon les solutions techniques utilisées pour la production des bouteilles.



	Boisson fruitée	Boisson fruitée	Huile	Produit entretien	Soin du corps	Lait	Lait
Taux de minéral	0 %	1,1 %	0,6 %	0,5 %	1,5 %	5,1 %	9,8 %
Dont $\text{TiO}_2$	0 %	1,1 %	0,6 %	0,5 %	1 %	5 %	9,4 %

Synthèse des essais menés par le CTTM sur les emballages en PET opaque, avant les travaux d'écoconception (Citeo 2017)

## Avancement des travaux

Les travaux réalisés ont permis de **mieux cerner les exigences de protection à la lumière du produit le plus sensible, le lait**. La logistique de distribution du lait UHT l'amène en effet à traverser différentes phases de conditionnement, transport, stockage intermédiaire, distribution, conservation chez le consommateur avec chaque fois des conditions d'exposition différentes à la lumière. C'est le cumul de ces expositions qui détermine le besoin de protection du produit, les conditions de stockage et les emballages de transport qui ont une incidence sur la protection du produit à la lumière et de fait sur le taux d'opacifiant.

Concernant le taux d'opacifiant, les premiers tests menés avec des fabricants de colorants ont permis dès 2018 de baisser de **25 % le taux d'opacifiant à barrière dans le secteur du lait UHT, cette solution a été mise sur le marché la même année**. Par la suite, une meilleure connaissance de la barrière lumière nécessaire pour le lait a permis **d'atteindre une réduction proche de 50 % du taux d'opacifiant, également mise en œuvre industriellement en 2019 pour atteindre un taux entre 2,5 % et 3 % d'opacifiant dans les bouteilles bicouches de lait**.

Ces changements peuvent avoir d'autres impacts, Citeo et ses partenaires sont restés vigilants à développer des emballages aptes au contact alimentaire et acceptés par les consommateurs.

**En dehors du secteur laitier**, des travaux ont visé à **réduire la quantité d'opacifiant minéral dans les bouteilles, voire le supprimer totalement**. Le projet porté par Lesieur a testé différents colorants alternatifs pour les bouteilles d'huile alimentaire et les condiments, a permis de s'assurer que les couleurs obtenues étaient conformes à leur cahier des charges, aux attentes consommateurs et a analysé les contraintes techniques et économiques. Les travaux ont notamment fait émerger un colorant rouge sans minéral (huile friture, ketchup...) et une solution avec moins d'opacifiant tout en intégrant 100 % de rPET bleuté avec l'enjeu d'avoir une bouteille jaune. Ces enseignements profitent à d'autres secteurs utilisant du PET opaque et intégrant du PET recyclé. La contrainte au recyclage ne dépend pas uniquement du taux global de

minéral, **la taille des particules est aussi un critère. Un travail européen a été mené avec les producteurs de colorants et de pigments via l'association PETCORE**, dont Citeo est un membre actif, pour identifier les tailles de particules utilisées et limiter des tailles trop importantes susceptibles de poser des problèmes chez les producteurs de fibres recyclées.

Enfin, **Citeo a identifié un colorant blanc utilisant du polystyrène dans sa composition et s'est assuré que ce colorant n'était pas utilisé sur le marché français**. Les colorants utilisés sont aujourd'hui à base de PET ou PBT, compatibles au recyclage du PET.

**Citeo a informé l'ensemble de ses clients de la situation sur le PET opaque et a sensibilisé individuellement chaque entreprise utilisant ce type d'emballage**. Elipso (l'association professionnelle représentant les fabricants d'emballages plastiques et souples en France) a également informé l'ensemble de ses adhérents fabricants d'emballages en PET opaque.

# Réduire l'opacifiant dans la bouteille de lait



## ACTEURS

SGT, PDG, LSP, LSDH, Carrefour, Intermarché et Citeo.



## OBJECTIFS

Déterminer l'exposition maximale à la lumière d'une bouteille de lait UHT en France et définir la juste quantité d'opacifiant pour réaliser une barrière à la lumière dans le PET. Tester et valider un taux réduit d'opacifiant dans la bouteille.



## MÉTHODOLOGIE

1. Décrire l'impact de la lumière sur le lait UHT.
2. Documenter les différentes solutions d'emballage PET barrière à la lumière.
3. Étudier la quantité de lumière moyenne et maximale reçue par une bouteille de lait UHT.
4. Réaliser un protocole de vieillissement accéléré du lait et le reproduire à l'aide d'un caisson, dans le but de tester plus rapidement les bouteilles avec une teneur en opacifiant réduite.
5. Produire des bouteilles allégées et contenant moins d'opacifiant. Valider la nouvelle barrière à l'aide de tests optiques couplés à des essais dans le caisson, ainsi que les autres caractéristiques de ces bouteilles via des essais (mécanique, aptitude alimentaire...).



## CONSTAT

Dans le secteur du lait UHT, la propriété principale du PET opaque est de protéger le produit de la lumière, afin de préserver ses qualités organoleptiques. Or cet opacifiant ajouté au PET a un impact négatif sur le recyclage du PET coloré en trop forte concentration dans le flux.



## RÉSULTATS

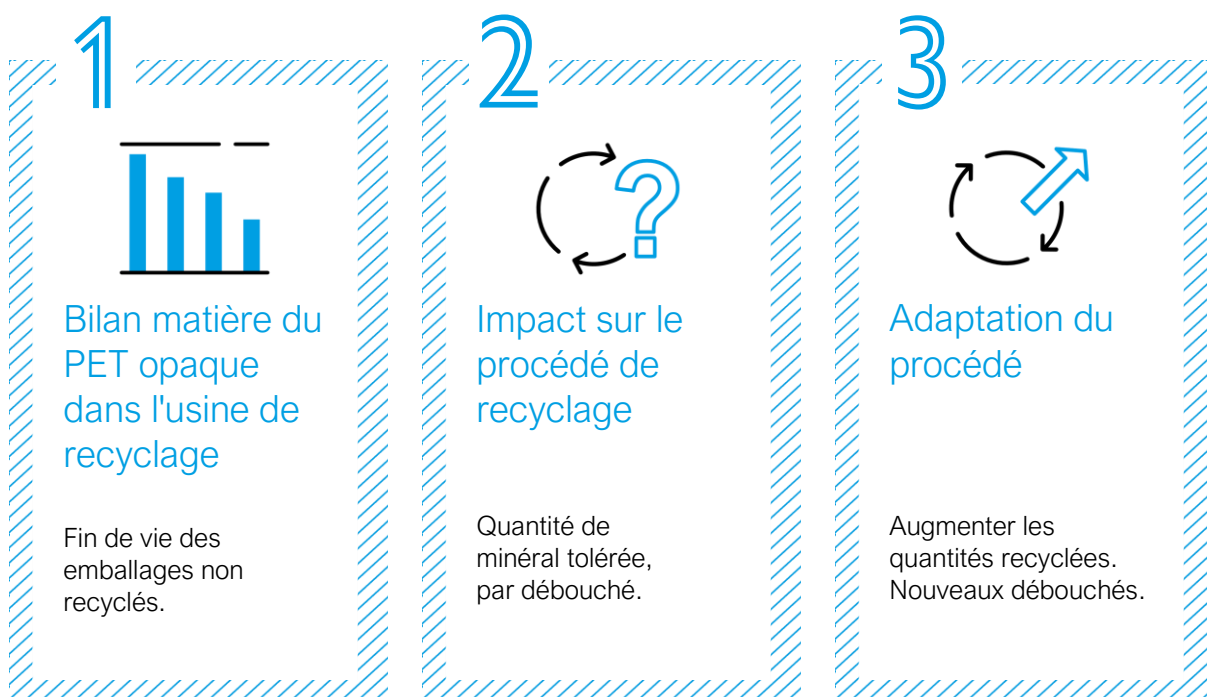
L'exposition du lait UHT demi-écrémé à la lumière entraîne l'apparition d'un goût de lumière, dû à l'oxydation de la vitamine B2. Ce phénomène est irréversible, la barrière à la lumière doit donc être permanente. Sur une durée de vie de 120 jours, une bouteille sera exposée entre 2,5 et 5 millions de lux (unité de lumière) suivant sa logistique et sa consommation.

PDG et SGT ont développé avec 5 producteurs de colorant de nouvelles bouteilles avec des taux réduits d'opacifiant d'environ 50 % par rapport à l'existant. Ces bouteilles ont été testées notamment à l'aide du caisson de vieillissement accéléré afin de sélectionner les technologies les plus adaptées. Enfin, un test grandeur nature chez Carrefour et Intermarché a permis de valider les bons résultats obtenus lors des essais et de remplacer les bouteilles existantes par des celles développées au cours du projet.

# 4. Filières de recyclage

---

3 leviers d'action clés :



# Enjeux

En 2017, les bouteilles en PET opaque étaient triées en France avec les autres bouteilles en PET coloré en vue de leur recyclage. **Chaque année, environ 70 000 tonnes d’emballages en PET coloré sont mises en marché et 56 % de ces emballages sont triés par les consommateurs et recyclés.**

Sur la base des analyses de composition de balles régulièrement conduites dans les centres de tri par Citeo à cette époque, on évaluait à 14 % en moyenne la part de bouteilles en PET opaque dans les balles colorées, avec une variabilité suivant la saison et la région allant de moins de 10 % à plus de 20 %. On trouve notamment plus de PET opaque dans les balles en hiver, car il y a moins de bouteilles de boisson à cette période. D’autre part, la commercialisation de lait UHT en bouteilles PET n’est pas homogène sur l’ensemble du territoire français. Enfin, l’extension des consignes peut amener dans le flux coloré une petite part supplémentaire de barquettes PET opaque.

Les principaux débouchés des recycleurs de PET coloré sont la fibre (textile, sanitaire, bâtiment, automobile) et les liens de cerclage autour des cartons (strapping).

La fibre est sensible à la taille des particules de minéral et à la quantité de minéral. Suivant sa dimension (la fibre produite en Europe va de 1,5 à 7 décitex, soit le grammage au 10km de fibre), elle peut supporter plus ou moins de minéral. Chaque recycleur a défini empiriquement le taux d’emballages en PET opaque à ne pas dépasser dans son procédé, le taux visé allant de 4 % à plus de 20 %. Au-delà de la valeur, la stabilité de ce taux est aussi un paramètre essentiel.

Le strapping est sensible à la quantité de minéral et à la couleur, les entreprises de ce secteur souhaitant des liens de couleur verte. Là encore, les recycleurs ont défini empiriquement la quantité de PET opaque acceptée dans leurs lignes de recyclage, le taux allant de 5 % à 12 %.

## Avancement des travaux

**Les connaissances au départ très empiriques sur les emballages opaques ont progressé.** Les analyses sur les taux de charges minérales des différents types de PET opaques ont été partagées avec les recycleurs, leur permettant de **mieux cibler les emballages** qu'ils peuvent conserver dans le flux et ceux qui apporteraient trop de minéraux. En effet, 15 % de bouteilles de lait UHT n'apportent pas la même quantité de minéral dans la matière recyclée que 15 % d'emballages contenant 0.5 % de minéral. Il apparaît alors nécessaire de parler de taux de minéral maximum acceptable et non de taux d'emballage en PET opaque, un travail plus fin a été lancé avec les utilisateurs de PET coloré recyclé pour mieux cerner la quantité de minéral acceptable dans leurs produits.

En 2017, sur la base des éléments chiffrés reçus, il se confirme que **la grande majorité des emballages en PET opaque entrant dans les usines de recyclage ont pu être** recyclés en fibres ou en liens de cerclage. Lorsque la présence d'opaques semble trop élevée, ou pour des débouchés particulièrement sensibles, les recycleurs procèdent au retrait d'une partie des opaques blancs (« écrémage »). Certains recycleurs ont défini plusieurs qualités de recyclé suivant le taux d'opacifiant afin de maintenir leurs différents débouchés plus ou moins sensibles au minéral. À noter que l'export des balles françaises est freiné du fait des opaques, perçus comme une moindre qualité sur le marché européen.

Des **modifications techniques importantes ont été mise en place au cours des projets avec Citeo dans certaines usines** de recyclage, pour mettre en place un dispositif de régulation des taux de PET opaque : le principal recycleur de PET coloré s'est équipé pour dévier le PET opaque du procédé vers un stock tampon, afin de le réintroduire ensuite dans la chaîne de façon maîtrisée.

Freudenberg Performance Material a souhaité poursuivre la R&D sur le recyclage des emballages en PET opaque en fibres, un projet est en cours avec Citeo pour mieux comprendre l'impact des opacifiants et le corriger, afin d'intégrer plus de PET opaque.

Les tests menés par Tomra, Pellenc ST et Valorplast avec Citeo ont permis de définir des **réglages de machines de tri optique** pour séparer efficacement :

- ⇒ Le PET opaque du PET coloré,
- ⇒ Le PET opaque blanc du PET coloré,
- ⇒ Le PET opaque blanc du PET opaque toutes couleurs,
- ⇒ Le PET opaque blanc monocouche du PET opaque blanc multicouches.

Depuis 2020, certains centres de tri produisent un flux de PET opaque pour développer des débouchés dédiés au travers du flux développement.

Selon les demandes des recycleurs, deux qualités sont actuellement produites : tous les opaques en mélange et des balles de bouteilles blanches.

Ce surtri des PET opaque permet un développement maîtrisé des mises en marché, des débouchés à plus haute valeur ajoutée pour le PET opaque recyclé, tout en améliorant la valeur du PET coloré.

## FOCUS PROJET

# Doser le PET opaque dans le recyclage du PET coloré



## ACTEURS

Freudenberg Performance Materials et Citeo.



## OBJECTIFS

Automatiser le dosage du PET opaque dans le process pour maîtriser un taux inférieur à 10 %.



## MÉTHODOLOGIE

1. Utiliser les deux équipements de tri optique en entrée de process pour orienter le PET opaque avec les erreurs de tri vers un équipement de tri moderne capable de produire deux flux : 1) PET coloré réintégré directement dans le process principal et 2) les autres emballages vers un quatrième équipement de tri NIR.
2. Le quatrième tri optique isole le PET opaque sur un tapis de convoyage à destination d'un système de dosage. Ce système assure un stock tampon des déchets en PET opaque et réintroduit les emballages à un taux maximal de 10 % dans le process principal. Les données des machines de tri optique permettent d'adapter ce dosage en temps réel.



## CONSTAT

Avant le projet, la production de fibres était instable en raison de la présence irrégulière de PET opaque dans les balles de PET coloré, en quantité comme en qualité (différents opacifiants, différents taux de colorant dans les bouteilles). Une limite à 10 % de bouteilles opaques a été déterminée pour ne pas impacter le process comme les fibres.



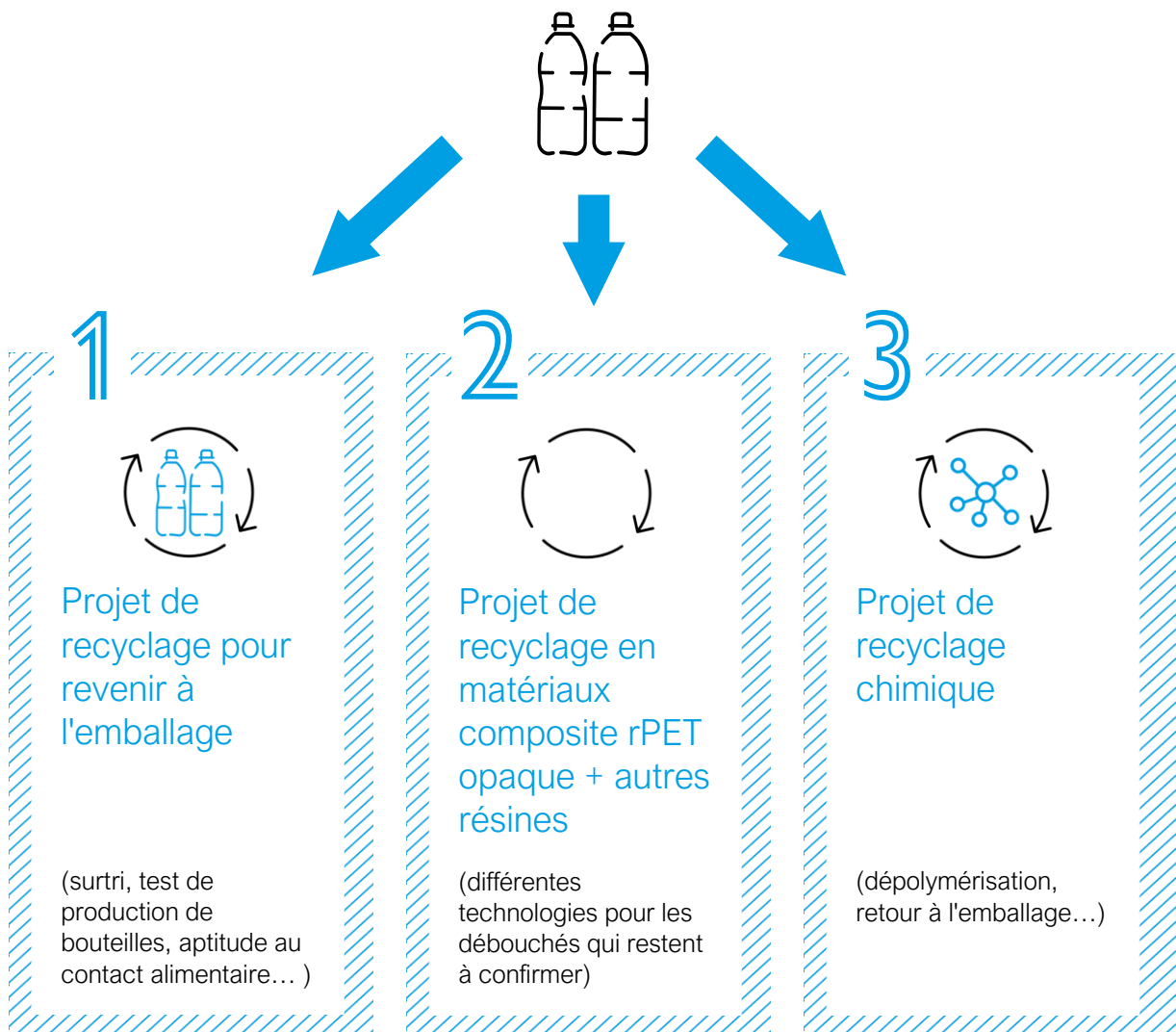
## RÉSULTATS

L'installation et le réglage des machines ont pu être réalisés et ont été opérationnels en un peu moins d'un an et demi après le début du projet. Les résultats sont au rendez-vous et l'ensemble des bouteilles en PET opaque arrivant chez Freudenberg Performance Materials sont aujourd'hui régénérées sans nuire à la qualité des fibres. La quantité stable de PET opaque en France ayant été un des facteurs de succès du projet, Freudenberg a souhaité poursuivre ce travail avec Citeo en vue de trouver des solutions techniques pour repousser la limite de 10 %.



# 5. Nouveaux débouchés

3 leviers d'action clés :





## Enjeux

Le recyclage du PET opaque en mélange avec le PET coloré a montré ses limites dans la fibre. En parallèle des travaux menés pour augmenter les capacités des recycleurs à intégrer du PET opaque dans les débouchés historiques, **la recherche de débouché dédié à ce matériau était inévitable.**

Dès 2010, cette piste a été explorée avec des utilisations dans le bâtiment, l'automobile ou encore les produits électro-ménagers. Ces projets ne se sont pas concrétisés : peu de tonnages disponibles de PET opaque, concurrence avec d'autres sources de recyclé, viabilité économique des projets, besoin d'un acteur supplémentaire pour préparer la matière...

**Les dossiers reçus par Citeo dans le cadre de l'appel à projet vont de la possibilité de refaire des bouteilles ou des barquettes avec du PET opaque, jusqu'à un recyclage par des procédés chimiques, en passant par le test d'applications nouvelles comme l'impression 3D ou des accessoires de sport et loisir.**

L'éventail des pistes testées est large et innovant, montrant l'intérêt technique potentiel que représente le PET opaque pour différentes utilisations.

visent à vérifier la faisabilité technique, les propriétés mécaniques des bouteilles, leur aspect et enfin leur aptitude à contenir des produits alimentaires. Ces tests ont été concluants, ils ont été suivis d'essais en quantités industrielles.

L'intégration de PET opaque recyclé impacte la composition des bouteilles et leur aspect. Les projets ont regardé en **particulier la capacité des bouteilles en recyclé à offrir une barrière à la lumière pour protéger le lait, l'aptitude au contact alimentaire de ces bouteilles et l'acceptation par les consommateurs** d'emballages de couleur grise ou sable selon si l'on part d'un flux blanc ou d'un flux tout opaque. Un bilan économique et environnemental est réalisé en parallèle des travaux techniques et industriels.

Ces travaux ont permis de valider la faisabilité technique de produire et de mettre en marché du lait dans des bouteilles en 100 % rPET opaque ou un mix de PET vierge et de rPET opaque. Pour atteindre l'aptitude alimentaire pour le rPET opaque, il ressort de ces essais la nécessité de réduire la quantité d'emballages non alimentaires dans les balles, lors du projet ce travail est réalisé à la main. Le rPET opaque alimentaire entraîne un surcoût à produire par rapport à du rPET blanc, aux vues du manque d'économie d'échelle sur une filière naissante et du surtri à la main.

Le retour à l'emballage sans contact alimentaire est également étudié dans le projet porté par Dentis, SGT et Valorplast, toujours en cours en 2021. L'idée de ce projet est également de produire des emballages à partir de différentes qualités de déchets en PET opaque (tout en mélange, blanc...) et porte l'ambition de développer cette filière dans plusieurs pays européens au regard de l'implémentation de Dentis.

La force de ces projets tient également aux acteurs impliqués : centre de R&D, fabricants de préforme en PET opaque, metteurs en marché, distributeurs, éco-organisme, repreneur et recycleur. L'ensemble de la chaîne de valeur est ainsi mobilisé.

## Avancement des travaux

### Le recyclage vers un retour à l'emballage

Les projets ont commencé par **la production de plus de 40 tonnes de balles de PET opaque blanc et de balles de PET opaque tout en mélange** dans des centres de tri partenaires afin de disposer de suffisamment de matière pour des essais en laboratoire puis à l'échelle industrielle.

Plusieurs tonnes de PET opaque ont été ensuite transformées et préparées sous forme de paillettes ou de granulés, pour des **tests à petites échelles d'injection et de soufflage** de bouteilles. Les tests

## Le recyclage chimique

Le groupe français Soprema, dans le secteur du bâtiment, a piloté un projet avec Citeo dans le but de valider le fonctionnement et les procédés de son projet d'usine de recyclage des barquettes en PET et des emballages en PET opaque (10 000 tonnes de capacité).

**La technique imaginée pour l'usine Sopraloop couple un recyclage mécanique à un recyclage issus des nouvelles technologies :** dans un premier temps **les emballages sont transformés en paillettes** qui sont ensuite nettoyées. Dans un second temps, **ces paillettes passent par un procédé qui va casser les molécules de plastique sous l'action de glycol (c'est la dépolymérisation) pour revenir à la molécule d'origine. Ainsi purifiée, elle est repolymérisée et transformée en polyols**, une nouvelle matière qui est la principale composante des mousses isolantes en polyuréthane pour le bâtiment.

Au cours du projet, Soprema et Citeo ont d'abord testé différents procédés de préparation du déchet afin de valider la future ligne de recyclage mécanique spécifique en Europe, n'ayant pas besoin d'atteindre la même qualité de paillettes que les usines de recyclage de PET existantes. Le projet a ensuite démontré la faisabilité technique de produire par voie chimique des isolants avec 50 % de rPET et conformes au cahier des charges du groupe.



Unité de recyclage par dépolymérisation sous l'action de glycol

## L'impression 3D

Rondol Industrie a travaillé sur un projet visant à lever les contraintes techniques du recyclage du PET opaque, dans l'objectif de l'utiliser comme matière première dans les secteurs de l'impression 3D et de l'injection. Pour cela, l'entreprise a imaginé une ligne complète permettant la production de filaments ou de granulés en PET opaque recyclé, seul ou *via* des compounds, par la technologie de l'extrusion.

Face à plusieurs difficultés, le projet n'a pas donné de résultat concluant pour ce débouché.

## FOCUS PROJET

# Recyclage des bouteilles opaques en nouvelles bouteilles



## ACTEURS

SGT, PDG, LSP, LSDH, Carrefour, Intermarché, Paprec et Citeo.



## OBJECTIFS

Tester le tri, le recyclage et l'incorporation de PET opaque recyclé dans de nouvelles bouteilles de lait. Valider la faisabilité technique, environnementale et sanitaire de la démarche.



## MÉTHODOLOGIE

- ⇒ Tester à petite échelle, sur moins de 5 tonnes de déchets, le tri, le recyclage et la faisabilité mécanique d'incorporer du recyclé dans des bouteilles PET opaque.
- ⇒ Faire réagir les consommateurs sur les prototypes obtenus, notamment la couleur grise, et valider un cahier des charges pour la nouvelle bouteille.
- ⇒ Tester sur des outils industriels le tri, le recyclage et différents taux d'incorporation de recyclé dans les bouteilles de lait. Définir des bonnes pratiques pour conserver la juste barrière lumière dans la bouteille avec de l'opacifiant qui vient du recyclé.
- ⇒ Conditionner du lait UHT dans les prototypes, tester sa conservation et son aptitude à être consommé (tests sur la qualité du lait et de migration).



## CONSTAT

Au regard des équipements et pratiques actuelles, le recyclage du PET en fibre ne permet pas à long terme de développer le recyclage du PET opaque. D'autres débouchés doivent être étudiés et en premier lieu le retour à l'emballage alimentaire.



## RÉSULTATS

Les essais à petite échelle et les retours consommateurs ont été encourageant pour passer aux tests industriels sur 27 tonnes de déchets produits par un centre de tri à partir de 500 tonnes de PET coloré. Les essais de tri ont montré la faisabilité technique de produire à échelle industrielle un flux blanc (blanc mono et bicouche) et la nécessité d'un surtri des emballages de détergence et d'hygiène (moyenne de 12 %) pour permettre un retour au contact alimentaire. Au regard des volumes actuels et de l'absence d'économie d'échelle, le tri du PET opaque alimentaire entraîne un surcoût qui se répercute sur le prix du rPET opaque.

Des bouteilles monocouches et bicouches ont été produites avec différents taux de PET opaque recyclé à l'intérieur. Des taux de cendres ont été utilisés pour suivre la barrière à la lumière apportée par le recyclé et ont montré que dans la grande majorité des cas il n'était pas nécessaire d'ajouter de l'opacifiant. Les bouteilles grises sont reconnues au tri optique pour être à leur tour recyclées avec les autres emballages en PET opaques blancs.

Des essais de conservation et de migration ont montré des résultats similaires entre une bouteille en PET opaque 100 % vierge et une bouteille en 100 % en PET opaque recyclé.

# 6. 2 ans après la R&D, où en est-on ?

## Un gisement stable

Le gisement d'emballages en PET opaque s'est stabilisé autour de 12 000 tonnes. Citeo et les metteurs en marché sont vigilants à ne pas déstabiliser l'équilibre trouvé avec les acteurs du recyclage le temps que le tri spécifique du PET opaque dans les centres de tri se développe.

Certaines références, notamment dans le non alimentaire ainsi que des barquettes, ont évolué vers des emballages transparents car elles ne nécessitaient pas de barrière lumière.

## Des avancées significatives en écoconception

Tant que la fibre reste un des principaux débouchés du recyclage du PET opaque, le taux de minéral dans les emballages reste un facteur et les travaux se poursuivent pour réduire ce taux. Le développement en parallèle des débouchés dans l'emballage pourrait à terme lever ce problème car pouvant supporter un taux élevé de minéral.

Les travaux avec les producteurs d'opacifiant se sont poursuivis hors appel à projet. Un colorant prometteur a été développé permettant encore de réduire de 50 % environ le minéral (donc de 75 % par rapport à 2017). Il a été validé en tant que barrière lumière et doit maintenant être validé au niveau de sa recyclabilité avec le COREP et/ou EPBP. Il n'est toujours pas possible techniquement de faire du blanc (ou couleur pale) sans minéral.

Au niveau des fabricants d'emballage et des metteurs en marché, la bouteille de lait bicouche noire et blanche utilise actuellement entre 2,5 et 3 % d'opacifiant contre plus de 5 % en 2017. La bouteille

monocouche de lait est en cours d'abandon au profit d'une bouteille tricouche avec moins d'opacifiant. Hors lait, on constate surtout l'abandon de colorant opaque au profit de bouteilles transparentes sur des produits qui ne nécessitent pas de barrière à la lumière.

Suite à tous ces développements, le Cotrep reconnaît aujourd'hui les bouteilles et flacons en PET opaque comme recyclables quel que soit le taux de minéral.

## Mise en place du flux développement

En aout 2021, une nouvelle organisation du tri a été mise en place pour d'une part préserver les filières de recyclage existantes et d'autre part faciliter l'émergence de nouvelles filières : **c'est le flux développement**. Les centres de tri actuels ont la possibilité de mettre en balle une partie des emballages plastiques en mélange, puis ils sont acheminés dans des unités de surtri, qui les trient séparément pour rejoindre ensuite leurs filières de recyclage dédiées, qu'elles soient matures ou en développement. 4 familles d'emballage sont à ce jour concernées :

- ⇒ Les bouteilles et flacons en PET coloré,
- ⇒ Les bouteilles et flacons en PET opaque,
- ⇒ Les rigides PET hors bouteille, non operculés, qu'ils soient clair, opaque ou coloré,
- ⇒ Les rigides PS.

Concernant les emballages en PET opaque, deux qualités différentes sont produites par les centres de surtri afin de répondre aux filières de recyclage émergentes :

1. Les bouteilles et flacons en PET opaque blancs, pour un retour à l'emballage alimentaire,
2. L'ensemble des emballages rigides en PET opaque ou pour un retour à l'emballage, une plus grande intégration dans la fibre.

Le flux développement se veut au service de nouvelles filières de recyclage et s'adapte aux contraintes des recycleurs dans la mesure du possible suivant les capacités des centres de surtri. Des travaux sont en cours avec Pellenc ST et Tomra pour améliorer encore la qualité des balles de PET opaque par rapport aux attentes des recycleurs.

Cette nouvelle organisation du tri est encore à ses débuts, elle concernait en 2021 moins de 10 % des tonnes d'emballage plastique triées en France. L'appel d'offre recyclage publié en mars 2022 vise à généraliser dès que possible ce surtri d'un grand nombre d'emballages plastiques afin de créer ou de consolider des filières de recyclage, il prévoit la production de balles d'emballages PET opaque blanc. Ces orientations ouvrent des possibilités de développement au PET opaque, les recycleurs de fibres et de strapping pourront choisir d'utiliser ou non du PET opaque sans le subir.

## Recyclage du PET opaque, fibres et retour à l'emballage

À date 90 % des bouteilles et flacons en PET opaque triés par les Français sont laissés en mélange avec le PET coloré à destination de la fibre et du strapping. Avec les progrès en écoconception et dans la gestion de l'opaque chez les régénérateurs, ces emballages sont recyclés depuis 2018. Un équilibre a été trouvé grâce à une mise en marché stable.

La création d'une filière dédiée aux emballages en PET opaque dans le cadre du flux développement ouvre de nouvelles possibilités.

D'une part Freudenberg Performance Materials poursuit les essais avec Citeo pour intégrer une plus large quantité d'opaques dans la fibre. Le projet est en cours et porte sur une analyse plus fine, tant physique que chimique, de l'impact des opacifiants sur la production de fibre.

D'autre part, le recyclage chimique des emballages en PET opaque est rendu possible car décorrélé du marché des balles de PET coloré. En 2021, le recyclage chimique n'est pas encore une voie industrielle pour recycler le PET opaque.

Enfin le retour à l'emballage devient concret avec la mise en marché de deux bouteilles de lait intégrant du PET opaque recyclé (de 50 à 100 % suivant les références). Le travail collaboratif entre des fabricants d'emballages (SGT et PDG), des laitiers (LSDH et LSP), des distributeurs (Carrefour et Intermarché), un recycleur (Paprec) et Citeo se poursuit au-delà des projets de R&D et propose des premiers emballages sur le marché.



En parallèle, le projet mené par Dentis, SGT et Valorplast se poursuit pour offrir d'autres débouchés dans l'emballage au rPET opaque.



# 7. Conclusion

---

## Le PET opaque, emballage symbolique de l'innovation au temps de l'économie circulaire

Le cas du PET opaque incarne le passage des emballages vers l'économie circulaire.

Il a été tour à tour le symbole de l'innovation qui n'est pas allée au bout de la démarche en termes de recyclage en fin de vie. Le symbole de la force collective rassemblant des acteurs de toute la chaîne de valeur pour trouver ensemble des solutions. Le symbole de l'audace avec la construction de la première usine de recyclage chimique de déchets PET post-consommation en Europe et le lancement en linéaire de bouteilles de lait grises contenant du PET opaque recyclé, dans un rayon tout blanc.

On le sait, l'économie circulaire demande aux emballages, qui resteront à usage unique, plus de frugalité dans leur conception : des monomatériaux, moins de résines pour pouvoir les massifier et créer des filières de recyclage, moins de charges et d'additifs... Le PET opaque symbolise avant tout la possibilité d'innover dans ce contexte, innover pour des emballages apportant des fonctions utiles aux consommateurs et réduisant l'impact environnemental de la consommation.

Quel chemin reste-t-il à parcourir pour le PET opaque ? D'abord développer et pérenniser son tri et son recyclage en France dans des débouchés adaptés. Avec les trois voies industrielles mises en place, on prend la bonne direction pour recycler les emballages d'aujourd'hui et qui sait de demain si de nouveaux emballages arrivent sur le marché. Les outils se mettent en place pour accompagner une croissance du marché.

Ensuite développer son recyclage au-delà de nos frontières. Depuis 2017, du PET opaque a été trié industriellement en vue du recyclage en Italie, en Belgique ou encore au Brésil. Au sein de l'association Petcore, Citeo et ses partenaires industriels poursuivent le partage des bonnes pratiques et facilitent des essais de recyclage dans d'autres pays.



Tous les papiers se trient et se recyclent,  
ce document aussi !



Donnons ensemble une  
nouvelle vie à nos produits.

[www.citeo.com](http://www.citeo.com)