

PROCEDURE DE TESTS DE TRI OPTIQUE COTREP EVALUER LA DETECTABILITE D'EMBALLAGES SOMBRES LORS DES ETAPES DE TRI OPTIQUE

Contexte

- Les emballages sombres :

Le pigment noir de carbone est très utilisé dans l'emballage pour obtenir des couleurs sombres (couleurs foncées intenses telles que le noir, gris, vert, ou violet par exemple) à un coût compétitif. Or, la présence de noir de carbone empêche de détecter l'emballage et par conséquent son extraction par le séparateur optique en centre de tri. En effet, le noir de carbone absorbe la lumière infrarouge envoyée par l'équipement de tri optique et ne renvoie pas de signal. Les emballages sombres en mono-résine recyclables, non identifiés, ne sont donc pas orientés vers leurs filières de recyclage mais vers les refus de tri.

Des solutions colorantes alternatives sont développées par les fabricants de colorants et d'emballages afin d'obtenir des emballages sombres détectables en centre de tri et permettre ainsi leur recyclage potentiel. Cette procédure a été spécialement établie pour vérifier la détectabilité de ces alternatives et valider la solution colorante.

Les tests réalisés doivent être représentatifs du parc national des centres de tri d'emballages ménagers en France. Les machines de tri optique utilisées dans la majorité des centres de tri sont principalement fournies par deux fabricants : Pellenc St et Tomra. Les tests devront donc être réalisés au sein des deux entités.

- Fonctionnement d'une machine de tri optique :

Le séparateur optique fonctionne sur le principe de la spectrométrie infrarouge (NIR-VIS). La machine scanne et détecte les emballages qui passent sur le convoyeur rapide (tapis roulant qui alimente l'équipement). Les spectres des emballages (liés à leur composition) sont analysés en l'espace de quelques millisecondes par le spectromètre qui les compare avec les spectres de référence présents dans la base de données. Ainsi, en fonction des spectres détectés, la composition des emballages est déterminée et les emballages sont soufflés grâce à de l'air comprimé vers différentes goulottes.

Objectifs

Les essais sont réalisés chez Pellenc St et chez Tomra. Ils seront conduits en deux temps d'abord en statique, puis si le test est concluant, un essai en dynamique sera effectué.

- **Analyse statique :** Déterminer la capacité des machines de tri optiques à détecter l'emballage sombre et reconnaître la résine qui le compose. Cette résine sera nommée ci-après « **Résine cible** ».
- **Analyse dynamique :** Evaluer les performances de séparation (taux de captage et pureté) des emballages sombres présents dans un flux de déchets d'emballages ménagers.

Nomenclature

L'entreprise souhaitant réaliser des essais de détectabilité sera nommée ci-après : le « **Demandeur** ». Les fabricants de machine de tri optique seront nommés ci-après les « **Fabricants T.O.** ».

Préparation des échantillons par le demandeur

o Etape 1 : Contact avec les Fabricants T.O. et le COTREP.

Le demandeur contactera les deux Fabricants T.O. en décrivant sa demande à l'aide du document en [Annexe 1](#). Si le demandeur souhaite tester la détectabilité de plusieurs types d'emballages (différentes résines, formes, taux d'incorporation de la solution colorante, etc.) plusieurs Annexes 1 devront être fournies. Les coordonnées des Fabricants T.O. sont indiquées dans la section « [Informations pratiques](#) » du document.

o Etape 2 : Préparation des échantillons

Le demandeur mettra à disposition auprès des Fabricants T.O. les échantillons à tester :

- Type d'échantillons :

Seuls les emballages mis en forme pourront être testés afin de garantir la représentativité des résultats.

- Les emballages plastiques de toutes typologies peuvent être testés (emballages rigides type bouteilles, flacons, barquettes, pots, etc. mais aussi les emballages souples et les films)¹.
- Les emballages pourront être neufs ou usés mais devront être vidés de leur contenu.
- **Si les échantillons testés disposent d'éléments** associés (étiquettes, opercules, bouchons, couvercles, etc.), le demandeur devra également **fournir un deuxième lot d'échantillons dépourvus de leurs éléments associés** afin de pouvoir évaluer les performances de séparation optique dans les deux cas.
- Si les **emballages sont parfois fabriqués à partir de chutes de production colorées** (pouvant contenir elles-mêmes du noir de carbone) il est fortement conseillé de tester cette composition. En effet, le noir de carbone contenu dans les chutes de production, même en petite quantité, peut impacter la détectabilité de l'emballage par tri optique.

- Nombre d'emballages à prévoir pour les tests pour chaque type d'emballage à tester :

- Test statique : **5 emballages identiques.**
- Test dynamique : 2 lots d'emballages seront nécessaires
 - **100 unités d'emballages de la solution colorante à tester.**
 - **100 unités d'emballages de la même résine d'une couleur claire** et d'un poids similaire qui serviront de référence à l'essai.

Par exemple, pour tester la détectabilité d'une barquette en PP noire de 20g, il faut fournir :

- 100 barquettes PP noires de 20g.
- 100 barquettes PP transparentes, blanches ou d'une autre couleur claire d'un poids proche de 20g.

- Etiquetage des échantillons :

Le demandeur devra étiqueter chaque échantillon individuellement en veillant à apposer des étiquettes papiers de petite taille pour éviter des perturbations lors du tri dues à la présence de l'étiquette. L'étiquette ne doit pas recouvrir plus de 10% de la surface de l'emballage.



¹ « Les emballages rigides sont caractérisés par une certaine tenue en rayon et une résistance à la déformation. L'élément principal de l'emballage rigide a en général une épaisseur supérieure à 300 micromètres. La définition d'un emballage rigide proposée ici est liée au comportement balistique attendu lors des étapes de tri et de recyclage.

o Etape 3 : Envoi des échantillons :

Après avoir été étiquetés, les échantillons devront être envoyés séparément aux deux Fabricants T.O. aux adresses indiquées dans la section « [Informations pratiques](#) ». [L'annexe 2](#) devra être complétée et collée sur chacun des colis. Il est conseillé d'envoyer les échantillons **10 jours** avant les tests.

Préparation des essais par les Fabricants T.O

- Préparation des échantillons

Pour les deux essais, les emballages fournis par le demandeur seront écrasés manuellement par les Fabricants T.O. afin d'être représentatifs de l'état des déchets à la suite des étapes de collecte. Si les échantillons testés disposent d'éléments associés (étiquettes, opercules, bouchons, couvercles, etc.), les Fabricants T.O. devront simuler différentes configurations d'usage (un échantillon avec l'opercule à moitié ouvert, un avec l'opercule complètement ouvert, un sans opercule, etc.).

Pour l'essai en dynamique, un flux de déchets d'emballages² issus de la collecte sélective sera nécessaire. Il sera prélevé en centre de tri, fourni par le COTREP et sera réutilisé pour plusieurs essais dynamiques. Par la suite ce flux sera appelé « **Flux CDT** ». Lorsque les Fabricants T.O. le jugeront nécessaire, un nouveau Flux CDT sera fourni par le COTREP sur demande. Pour information, un délai de 15 jours sera nécessaire entre la demande et la réception du Flux CDT. La première fois, l'ensemble des emballages en acier et des emballages noirs présents dans le flux seront retirés par les Fabricants T.O.

- Equipements :

Les équipements utilisés pour réaliser les essais seront systématiquement les mêmes. Les paramètres machines sont représentatifs de ceux utilisés actuellement en centre de tri et ont été fixés avec le COTREP dans un document annexe confidentiel (cf. *Annexe confidentielle Pellenc ST* et *Annexe confidentielle Tomra*).

REMARQUES IMPORTANTES :

- L'objectif est de réaliser des tests **représentatifs de ce qui se passe dans les centres de tri actuels** dans des conditions normales d'exploitation.
- Les paramètres machines devront être **fixes et identiques** d'un test à l'autre.

Essais à effectuer

o Etape 4 : Test en statique

- Réalisation des essais :

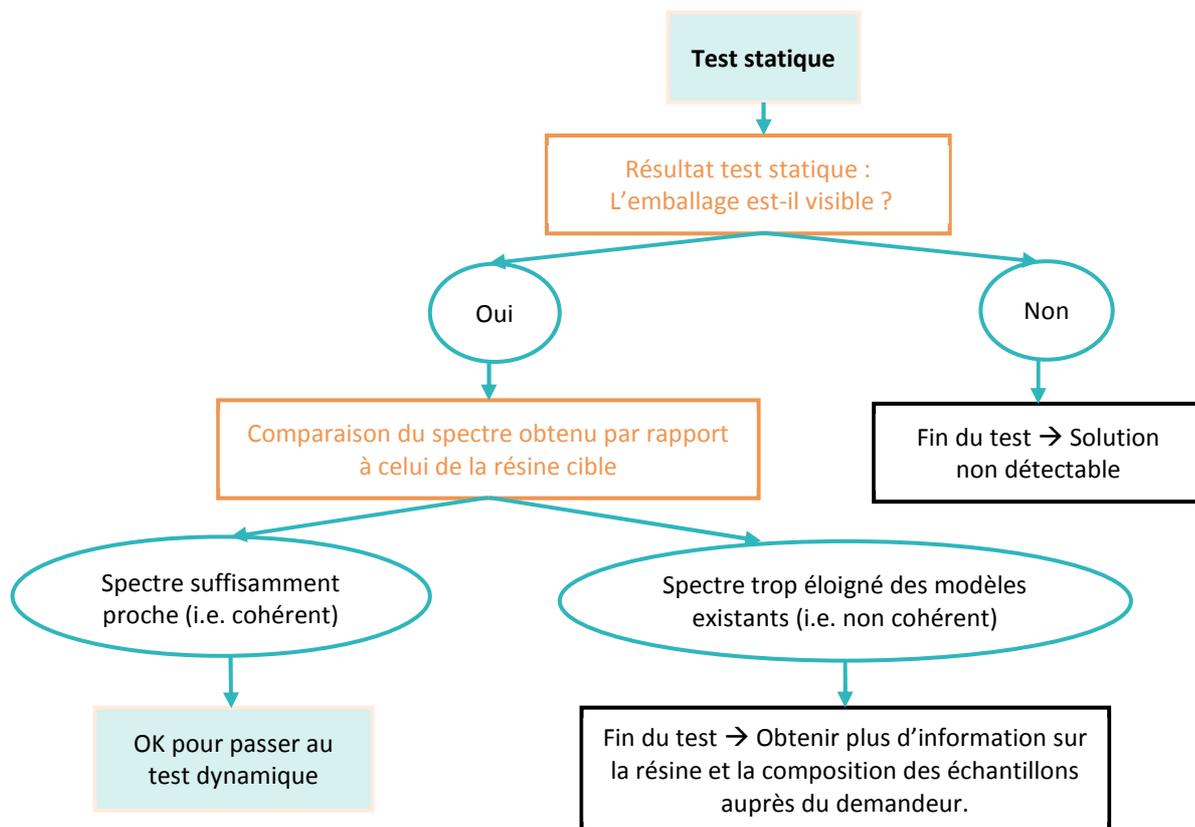
Les échantillons seront positionnés sous le capteur optique afin de déterminer si la machine de tri optique est capable de détecter l'emballage sombre et de reconnaître la résine qui le compose, c'est-à-dire la Résine cible (précisée par le demandeur dans [l'Annexe 1](#)).

Lorsque cela est pertinent, les essais seront réalisés en positionnant les échantillons sous différentes configurations (face A en haut, face B en haut, sur la tranche, etc.).

² Pour le cas des emballages rigides : le flux sera prélevé en sortie balistique corps creux avec un maximum de 2% de films résiduels. Il devra être déferraillé par les Fabricants T.O. Il sera donc composé de ELA, Alu, plastiques rigides, et refus potentiels. Pour le cas des emballages souples : le flux sera prélevé en sortie balistique corps plats.

- Critère de succès :

Lors du test statique, l'emballage doit être visible et le spectre détecté doit être suffisamment proche de celui de la résine cible.



- Analyse des résultats :

Les résultats seront consignés dans [l'Annexe 3](#) :

- Si les résultats sont concluants, un test en dynamique devra être réalisé.
- Si les résultats ne sont pas concluants, le test en dynamique n'est pas nécessaire. Il faut retravailler la solution sombre alternative.

o Etape 5 : Test en dynamique

Le test dynamique permet d'évaluer la détectabilité des emballages dans des conditions proches de celles en centre de tri. Les échantillons testés sont mélangés à un flux de déchets d'emballages. L'intégralité du flux présent sur le convoyeur rapide passe sous le spectromètre. En fonction de la composition de l'emballage et du spectre détecté, l'emballage est soufflé et orienté dans une des goulottes de sortie.

- Conditions d'essai :

Rappels importants :

- Les paramètres à utiliser sont fixes et identiques pour tous les tests réalisés.
- Ils doivent être représentatifs de la configuration réelle actuelle en centre de tri. **Ils ne doivent en aucun cas être optimisés au cours des essais.**

Les paramètres machines (débit, largeur de tapis, type de capteur, type de buses, espacement des buses, résolution, vitesse de tapis, pression d'éjection) seront représentatifs de ceux utilisés actuellement en centre de tri et ont été fixés avec le COTREP dans un document annexe confidentiel (cf. *Annexe confidentielle Pellenc ST* et *Annexe confidentielle Tomra*). Quelle que soit la résine cible (PE, PP, PET ou PS) seul un tri matière sera réalisé.

Remarque importante :

- Les paramètres machines pourront être adaptés dans le cas des tests sur les emballages souples, mais devront être les mêmes pour tous les tests réalisés sur emballages souples.

- Mise en œuvre des essais :

Les essais dynamiques se feront en deux temps :

1) Essai avec des emballages de référence :

- **Préparation du flux** : Dans cet essai les 100 emballages clairs seront utilisés. Une fois compactés, ils seront mélangés de façon homogène aux 100kg du flux CDT en amont de l'essai.
- **Tri** : Une fois l'équipement paramétré (cf. Partie précédente sur les *Conditions d'essais*), les emballages de la résine cible sont triés positivement. Les autres emballages seront orientés en négatif vers les refus.
- **Caractérisation** : Les deux flux de sorties sont caractérisés (flux soufflé et flux non soufflé) en trois catégories :
 - Résine cible : Emballages clairs de références
 - Résine cible : Autres
 - Autres résines / Autres emballages.
- **Analyse** : Les résultats de ces caractérisations permettront de définir les performances de séparation qui serviront de référence :
 - Taux de captage des emballages clairs de référence : TC_{clairs}
 - Taux de captage de la résine cible : TC_1
 - Pureté du flux soufflé : P_1
- **Vérification** : Vérifier que les taux de captage et la pureté sont supérieurs à 90%. Si ce n'est pas cas, vérifier les paramètres machines, et recommencer l'essai de référence.
- **Retrait des emballages** : Une fois les taux de captage et pureté minimum atteints, retirer les 100 emballages clairs de références du flux.

2) Essai avec emballages sombres à tester :

- **Préparation du flux** : Dans cet essai ce sont les 100 emballages sombres à tester qui seront utilisés. Une fois compactés, ils seront mélangés de façon homogène aux 100kg du flux CDT en amont de l'essai.
- **Tri** : **Les conditions doivent être exactement les mêmes que lors de l'essai de référence** avec les emballages clairs. Les emballages de la résine cible sont triés positivement. Les autres emballages seront orientés en négatif vers les refus.
- **Caractérisation** : Les deux flux de sorties sont caractérisés (flux soufflé et flux non soufflé) en trois catégories :
 - Résine cible : Emballages sombres
 - Résine cible : Autres
 - Autres résines / Autres emballages

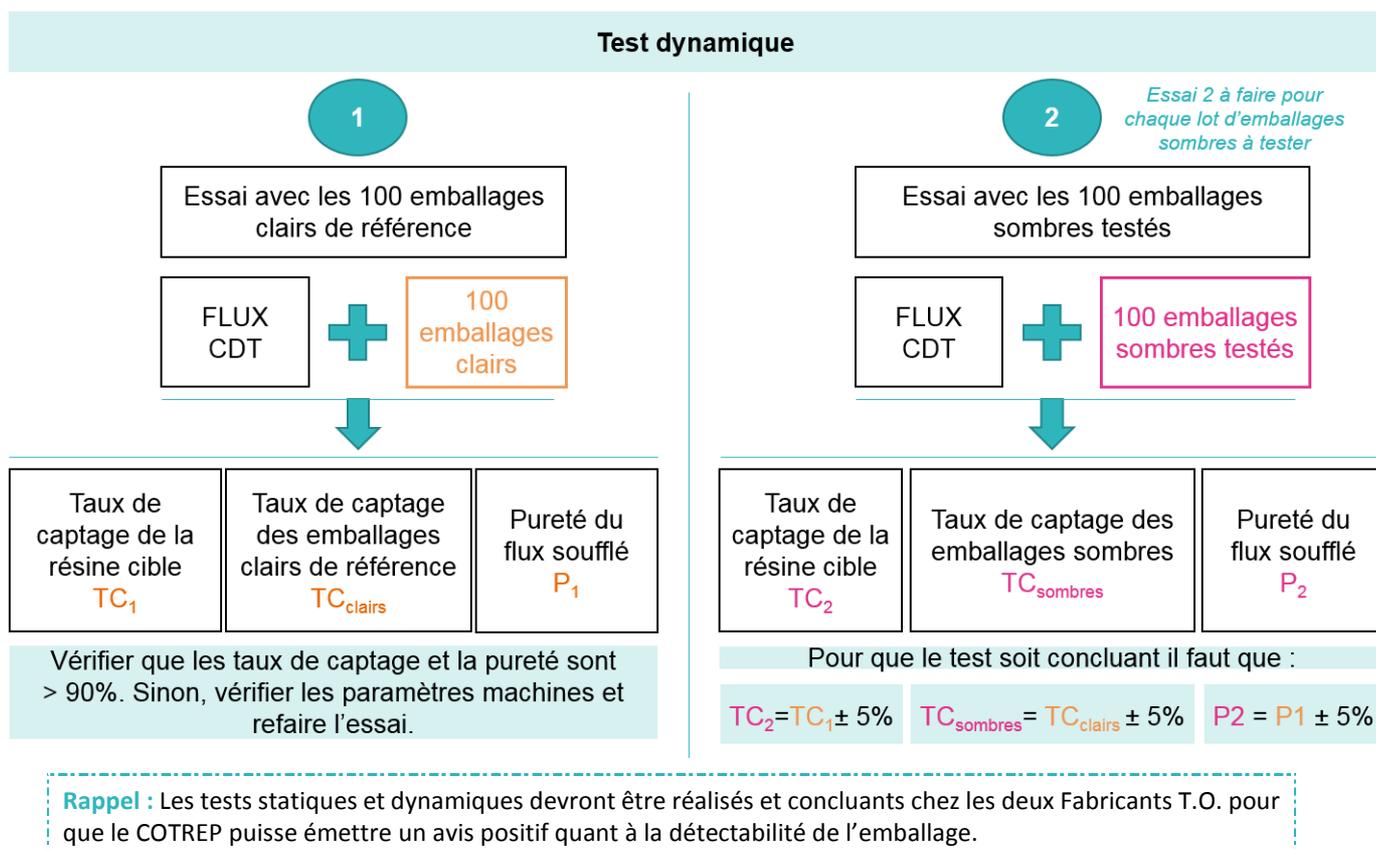
- **Analyse** : Les résultats de ces caractérisations permettront de définir les performances de séparation des emballages sombres testés :
 - Taux de captage des emballages sombres : $TC_{sombres}$
 - Taux de captage de la résine cible : TC_2
 - Pureté du flux soufflé : P_2
- **Critères de succès** : Pour que les tests soient concluants, les taux de captage et la pureté doivent être proches, à plus ou moins 5%, de ceux de l'essai de référence avec les emballages clairs :
 - $TC_{sombres} = TC_{clairs} \pm 5\%$
 - $TC_2 = TC_1 \pm 5\%$
 - $P_2 = P_1 \pm 5\%$

Dans le cas où la différence entre les résultats de l'essai de référence et l'essai avec les emballages sombres serait comprise entre 5 et 10%, le Fabricant T.O. pourra contacter le COTREP pour échanger sur les résultats et les conclusions du test. Ils décideront au vu des éléments de la suite à donner.

[L'Annexe 3](#) doit-être complétée par les Fabricants T.O. pour permettre l'analyse des résultats par le COTREP.

- **Retrait des emballages** : Une fois les taux de captage et pureté calculés, retirer les 100 emballages sombres du flux.

Schéma récapitulatif du test dynamique :



Rapport de tests

Chaque Fabricant T.O. devra rédiger un rapport d'essais précisant les éléments suivants :

- Une description des échantillons reçus et testés, incluant des photos. Si plusieurs lots d'échantillons ont été testés, les descriptifs et les résultats de chaque lot d'échantillons devront être présentés distinctement dans le rapport.
- La référence des équipements utilisés.
- Un rappel des paramètres d'essais utilisés.
- Le nombre d'échantillons et les conditions opératoires de chaque test.
- L'ensemble des Annexes seront jointes au rapport :
 - [L'Annexe 1](#) précisant la demande.
 - [L'Annexe 3](#) rappelant les résultats des essais statiques et dynamiques au regard des critères de succès fixés.
- Le rapport devra **inclure les phrases suivantes** :
 - « Les tests ont été réalisés en suivant la procédure de tests COTREP - Evaluation de la détectabilité d'emballages sombres lors des étapes de tri optique – Version 1 – Janvier 2019 ».
 - « Le présent rapport ne constitue pas en tant que tel un avis COTREP. Pour obtenir un avis du COTREP sur la détectabilité de la solution sombre alternative, ce rapport d'essais devra être transmis au COTREP. »
- Les Fabricants T.O. s'engagent à suivre le protocole dans son intégralité, **à indiquer dans le rapport de tests si une quelconque déviation a été faite.**

Rappel :

- Tous les échantillons soumis à analyse devront être testés selon une méthodologie rigoureusement identique.
- Les résultats présentés dans les rapports seront ceux correspondant **uniquement** aux tests réalisés avec **les paramètres machine représentatifs de ce qui se passe dans les centres de tri actuels** dans des conditions normales d'exploitation.
- **Aucune référence à des résultats obtenus avec des paramètres optimisés ne pourra apparaître dans le rapport.**

Pour émettre un avis positif sur la détectabilité de la solution sombre alternative, les deux rapports d'essais devront être conformes à la procédure, concluants et transmis au COTREP.

Confidentialité

Si le demandeur le souhaite, un accord de confidentialité visant à tenir confidentiel tout élément relatif à la demande, au contenu du rapport (notamment les résultats et observations) peut être signé entre les Fabricants T.O., le COTREP et le demandeur.

Informations pratiques

o Adresses et contacts des Fabricants T.O.

	PELENC ST	TOMRA
Contact :	Marc MINASSIAN Tel.: +33 4 90 09 47 90 m.minassian@pellencst.com	Sylvain MERHAND Tel.: +33 6 79 57 69 34 Sylvain.merhand@tomra.com
Adresse de livraison :	PELENC ST 125 Impasse François Gernelle 84120 Pertuis France.	TOMRA Sorting GmbH Test Center Otto-Hahn-Straße 6 D-56218 Mülheim-Kärlich Germany.

o Coût des essais – à la charge du demandeur

Les coûts des essais seront à la charge du demandeur qui échange à ce sujet directement avec le Fabricant T.O.

Pour information, chaque test coûte entre 250 € et 2 000 € H.T. Les chiffrages précis seront à définir par chacun des Fabricants T.O. en fonction du nombre de lots d'échantillons à tester, de la présence lors des tests du demandeur, et du nombre de tests réalisés en statique et/ou en dynamique.

Le demandeur devra inclure également dans son budget :

- Le coût de création des échantillons et de leur étiquetage (à réaliser par le demandeur)
- Le coût d'envoi des échantillons chez les fabricants T.O.
- Les coûts éventuels de réexpédition des échantillons après les tests.

Numéro de version	Date	Auteur	Notes
1	15/01/2019	COTREP	Première version

Cette procédure pourra être mise à jour dans le cas où un autre fabricant de tri optique obtiendrait une part de marché supérieure à 20% du parc national de centres de tri d'emballages ménagers.

ANNEXE 1 : Formulaire de demande de tests de tri COTREP

Demandeur :

- Entreprise :
- Prénom NOM :
- Fonction :
- Mail :
- Téléphone :

Description de l'emballage testé :

- Type d'emballage (bouteille, flacon, pot, barquette, tube, film, etc.) :
- Couleur et poids de l'emballage :
- Procédé de mise en forme :
- Structure de l'emballage (si multicouches, les décrire) :
- Résine majoritaire :
- Solution colorante :
 - Nom commercial :
 - Description :
 - Taux d'incorporation dans l'emballage :
 - Taille des pigments (si applicable) :
- L'emballage contient des chutes de productions colorées (pouvant elles-mêmes contenir du noir de carbone) : OUI / NON
- L'emballage contient-il des charges minérales (TiO₂, etc.) ? Si oui, à quel taux :
- Autres composants :
 - Barrières / Autres résines :
 - Autres additifs et adjuvants :
- Volume de mise en marche :

Engagements du demandeur

Je confirme les points suivants :

- Je souhaite réaliser des tests en suivant le **protocole standard** établi par le COTREP.
- Je confirme réaliser les tests **chez les deux Fabricants T.O.** (Pellenc St et Tomra).
- J'accepte que les **résultats soient envoyés au COTREP** pour analyse et avis.
- Je reconnais prendre à ma charge l'ensemble des coûts des tests que je traiterais directement avec les Fabricants T.O.
- J'atteste que la solution colorante testée :
 - Répond aux exigences essentielles de la directives emballages 94/62/CE.
 - Ne fait pas basculer la densité de l'emballage : les emballages majoritairement en PP ou PE doivent conserver une densité <1 et les emballages majoritairement en PET ou en PS une densité > 1.

Le COTREP pourra émettre un avis uniquement sur réception de ce document ainsi que des rapports de tests des deux Fabricants T.O.

Cachet de l'entreprise :

Date :

Nom, Prénom et Signature :

Ce document devra être joint par les Fabricants T.O. à son rapport de tests pour le COTREP.

Document à compléter et à coller sur chacun des colis d'échantillons

Objet du test : Protocole de tri standard des emballages sombres

Demandeur :

- Entreprise :
- Prénom NOM :

Contact Fabricant T.O. :

Date du test :

Rappel Résine cible :

Que faire des échantillons après les tests ?

- Je souhaite que les échantillons soient détruits à la suite des tests.
- Je souhaite que les échantillons me soient renvoyés à la suite des tests. Je précise l'adresse de réexpédition :
 - Nom :
 - Rue :
 - Code postal / Ville :
 - Pays :

ANNEXE 3 : Tableau d'analyse des résultats – Fichier Excel fourni

o Résultats des tests en statique : 1 ligne par lot d'échantillons testés

Référence des échantillons testés	Photo de l'échantillon	Résine cible communiquée par le demandeur	Photo des échantillons lors du test statique	Résultats de détection statique	Comparaison du spectre obtenu par rapport à celui de la résine cible	Conclusion	Commentaires
				Visible ou non visible	Suffisamment proche ou trop éloigné	GO / NO GO pour tests en dynamique	
Ex : Barq-PP-NIROK-1		PP		Visible	Suffisamment proche	GO pour réaliser des tests dynamiques	Les deux faces de la barquette ont été testées.

o Résultats des tests en dynamique : 1 ligne par lot d'échantillons testés

Référence des échantillons testés	Nombre d'emballages intégré dans le flux CDT	Résine cible communiquée par le demandeur	Photo des bacs triés après caractérisation		Catégories à caractériser après test dynamique	Emballages soufflés par TO			Emballages non soufflés par TO		
			Emballages soufflés par TO	Emballages non soufflés par TO		Nombre	Kg	%	Nombre	Kg	%
Ex : Barq-PP claires	100	PP			Résine cible (emb. clairs)	95	4,75	15%	5	0,25	0%
					Résine cible (autres emb.)		24,50	80%		1,00	1%
					Autres (autres que résine cible)		1,50	5%		68,00	98%
					TOTAL		30,75			69,25	
					Pureté résine cible - P ₁	95%	vérif	> 90%		OK	
					Taux de captage résine cible - TC ₁	96%	vérif	> 90%		OK	
					Taux de captage résine cible emb. clairs - TC _{clairs}	95%	vérif	> 90%		OK	
Ex : Barq-PP-sombres	100	PP			Résine cible (emb. sombres)	90	4,50	14%	10	0,50	1%
					Résine cible (autres emb.)		24,00	76%		1,50	2%
					Autres (autres que résine cible)		3,00	10%		69,50	97%
					TOTAL		31,5			71,5	
					Pureté résine cible - P ₂	90%	vérif	+/- 5%	95%	OK	
					Taux de captage résine cible - TC ₂	93%	vérif	+/- 5%	96%	OK	
					Taux de captage résine cible emb. sombres - TC _{sombres}	90%	vérif	+/- 5%	95%	OK	
Conclusion test OK / NOK						OK					
Observations / Remarques											