

ADEME

ECO EMBALLAGES

**ETUDE
DES PERSPECTIVES D'EVOLUTION
DU TRI PAR COULEUR
DU VERRE D'EMBALLAGE
EN FRANCE**

(2000 – 2006)

RAPPORT FINAL

Janvier 2002

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée au cours de l'année 2001 par le bureau d'études TERRA à la demande de la Direction des Déchets Municipaux de l'ADEME et du Département Filières de la société ECO-EMBALLAGES.

Le présent document constitue le rapport final d'étude.

Les données techniques ayant servi de base à cette étude concernant l'industrie verrière ont été obtenues auprès de la CSVMF et de ses adhérents.

Les programmes de collecte du verre par couleur ont fait l'objet d'études de cas approfondies auprès de 8 collectivités locales et le cas échéant, de leurs prestataires.

Les données techniques concernant le traitement par couleur ont été obtenues auprès des professionnels du recyclage du verre, en France et en Europe, ainsi que des principaux équipementiers européens.

Cette large consultation et la qualité des échanges qu'elle a permise constitue une garantie importante pour la fiabilité des hypothèses et des nombreux paramétrages que les travaux ont nécessités.

C'est pourquoi nous tenons particulièrement à remercier les membres du comité de pilotage de l'étude, ainsi que les experts consultés, dans les collectivités locales, chez les opérateurs et au sein des chambres syndicales.

Avertissement !

Les valeurs économiques sont exprimées dans la synthèse en euros, en revanche elles sont exprimées en francs dans le corps du rapport.

LE COMITE DE PILOTAGE

La maîtrise d'ouvrage de l'étude a été assurée par l'ADEME et ECO-EMBALLAGES.

Le pilotage et l'accompagnement de l'étude a été réalisé par l'intermédiaire du comité de pilotage qui a suivi la totalité du déroulement de l'étude et dont la composition précise est donnée ci-après :

Les membres du comité de pilotage

Monsieur S. PASQUIER	Département Déchets Municipaux - ADEME
Madame S. OBERLE	AMORCE
Monsieur J. C. LUCCHITTA	BSN GLASSPACK
Monsieur B. FAVORY	Président du CYCLEM
Monsieur Y. LIZIARD	Département Filières - ECO-EMBALLAGES
Madame A. CHATRY	Département Filières - ECO-EMBALLAGES
Monsieur M. A. PERRIER	ONYX
Monsieur J. DEMARTY	Président de la Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre
Monsieur J. BORDAT	Directeur du recyclage, SAINT GOBAIN Emballages
Monsieur T. OUDART	SITA
Madame B. WELLEMAN	SYMIRIS

L'étude a été réalisée par les experts Messieurs Jacques DESPROGES et Guillaume DAVID du bureau d'études TERRA.

SYNTHESE ET PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE L'ETUDE

INTRODUCTION

La collecte du verre d'emballage sans distinction de couleur, initiée en France lors de la seconde crise pétrolière de 1974, s'est développée rapidement ; elle a permis d'atteindre successivement, un taux de recyclage de 38% en 1994 et de 50% en 2000. Le verre d'emballage collecté en mélange est à ce jour entièrement recyclé dans les fours verriers, contribuant quasi-exclusivement à la production de verre coloré.

La prochaine révision de la Directive Européenne concernant le taux de recyclage à atteindre pour les matériaux d'emballages et en particulier pour le verre, a conduit ECO-EMBALLAGES et l'ADEME à commanditer une étude technico-économique sur les capacités de recyclage du verre d'emballage en France en fours verriers. La synthèse des résultats obtenus est présentée ci-après.

1. LES CAPACITES DE RECYCLAGE DU VERRE MIXTE SONT PROCHES DE LA SATURATION EN 2000

CHIFFRES CLES 2000 DU RECYCLAGE DU VERRE D'EMBALLAGE EN FRANCE

Production nationale de verre d'emballage :	4,0 Mt/an
Consommation nationale de verre d'emballage :	3,4 Mt/an
dont gisement ciblé par la collecte :	3,2 Mt/an (54 kg/hab/an)
(hors verres spécifiques industriels et médicaux et verre conigné)	
Collecte intérieure de verre d'emballage :	1,7 Mt/an
dont collecte directe auprès des ménages :	1,5 Mt/an (25 kg/hab/an)
Taux de recyclage du verre d'emballage :	50%
(rapport entre la collecte intérieure et la consommation nationale)	
Tonnage total de verre recyclé :	1,9 Mt/an
dont verre plat et importations :	0,25 Mt/an

Répartition par couleur du gisement ciblé de verre d'emballage :

- 68% de verre coloré (51% Vert, 13% Feuille Morte et 4% Brun-jaune) ;
- **32% de verre blanc** (1 Mt/an, soit 17 kg/habitant/an, dont 10 kg/hab/an de verre « boisson », le solde étant constitué de pots et bocaux en verre blanc).

La consommation des ménages à domicile représente plus de 75% du gisement ciblé par la collecte. Le reste correspond essentiellement la consommation hors domicile des ménages.

La collecte intérieure de verre d'emballage est intégralement réintroduite pour recyclage dans la production de verre d'emballage. Il n'existe pas en effet à ce jour de débouchés alternatifs permettant le recyclage de quantités significatives.

Les capacités théoriques d'incorporation de la collecte intérieure de verre d'emballage sont proches de 2,6 Mt/an au total :

- 2,3 Mt/an pour le verre mixte ;
- 0,34 Mt/an pour le verre incolore.

A fin 2000, le taux de saturation des capacités théoriques d'incorporation par la collecte intérieure était de 70% :

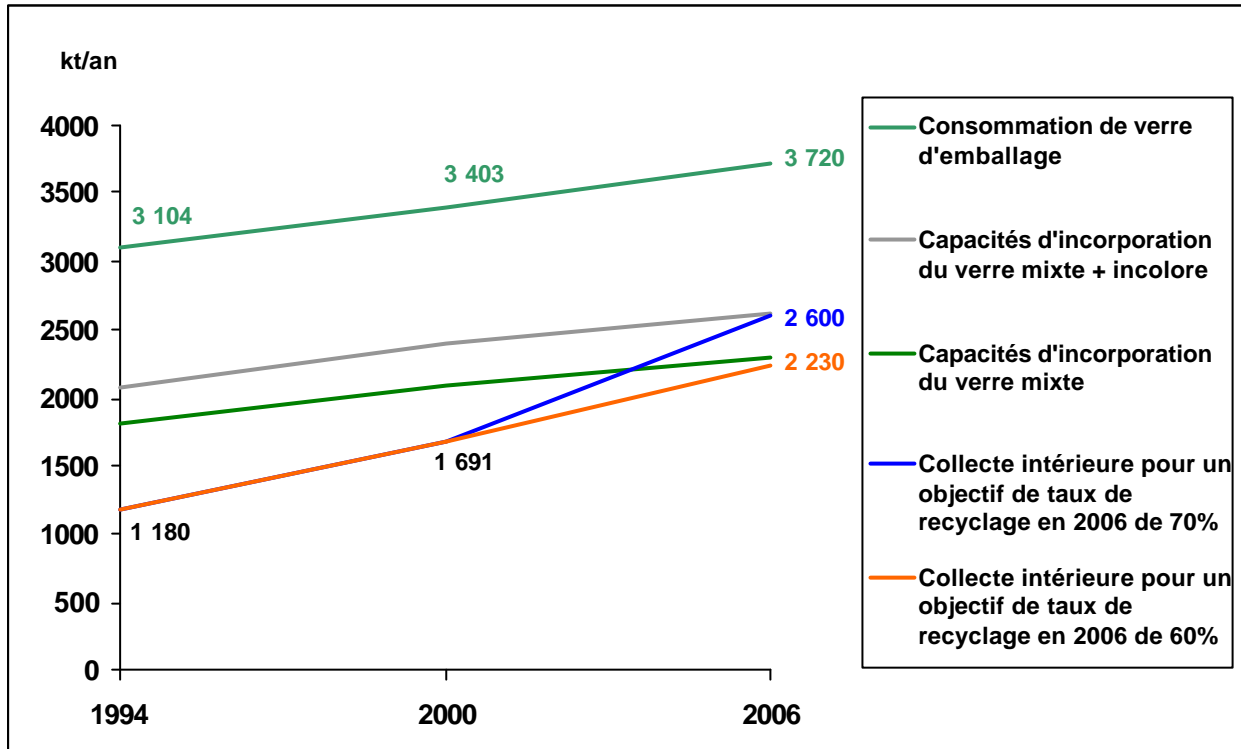
- **81% pour les capacités en verre en mixte ;**
- **4% pour les capacités en verre incolore.**

En tenant compte des quantités de verre plat et de verre importé s'ajoutant au produit de la collecte intérieure, le taux de saturation des capacités théoriques d'incorporation de verre mixte s'établit à 89%. La tendance actuelle est le développement de la part de l'incolore et de teintes de plus en plus spécifiques, ce qui conduit à restreindre encore les capacités d'incorporation de verre mixte. Ainsi, la saturation de fait des capacités d'incorporation du verre mixte à l'horizon 2003-2004 s'affirme comme une perspective réaliste.

2. DEVELOPPER LE RECOURS AUX CAPACITES D'INCORPORATION DU VERRE INCOLORE CONSTITUE A COURT TERME UNE REPONSE A LA SATURATION DES CAPACITES

Dans le cadre des discussions sur la révision de la directive 94/62/CE sur les emballages et les déchets d'emballages, les objectifs de taux de recyclage à l'horizon 2006 varient pour le verre d'emballage entre 60% et 70%.

Evolutions comparées de la consommation, de la collecte intérieure et des capacités d'incorporation du verre d'emballage par teinte, selon l'objectif de recyclage en 2006 :



Un objectif de **60% de taux de recyclage** correspond à la croissance tendancielle de la collecte intérieure de verre d'emballage (croissance moyenne, de l'ordre de +85 kt/an depuis 5 ans). Toutefois le maintien de cette tendance nécessite un effort important en particulier de communication, les tonnages supplémentaires étant en effet de plus en plus difficile à capter.

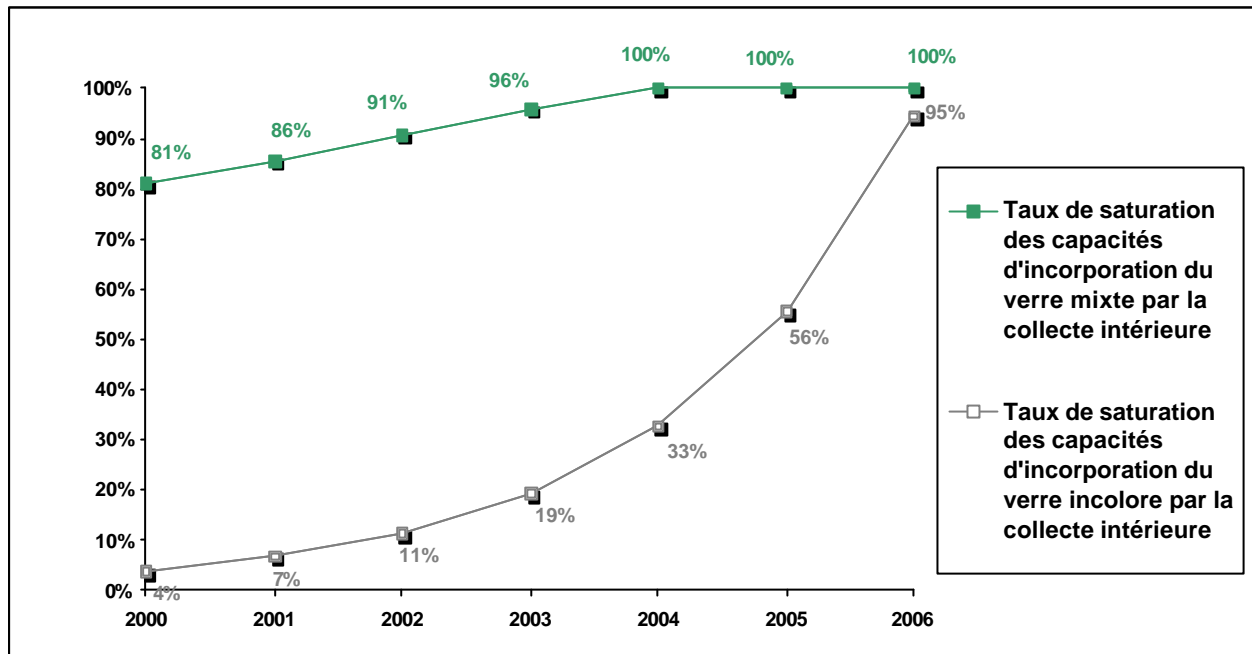
Si la collecte reste uniquement en verre mixte l'atteinte de cet objectif de recyclage de 60% en 2006 correspondrait à une saturation des capacités d'incorporation du verre en mélange en fours verriers. Cette situation conduirait à ne laisser aucune souplesse au niveau des approvisionnements, pouvant entraîner une augmentation significative des transports et interdisant toute possibilité d'utiliser le calcin d'origine industriel. De plus, dans un contexte européen où la collecte du verre par couleur se généralise et où l'offre de verre mixte tend à être supérieure à la demande, l'utilisation de verre d'importation à moindre coût ne serait plus possible et à l'inverse une partie de la collecte intérieure française risque de ne pas trouver de débouchés en fours verriers.

Pour répondre à ce risque de saturation, le développement de la collecte séparée du verre incolore doit pouvoir se poursuivre au moins sur son rythme actuel de 12 kt/an à fin 2000 à environ 50 kt/an en 2006. Dans le cadre de cette étude, cette hypothèse de base a été retenue pour le chiffrage des coûts. Pour déterminer si un effort supplémentaire serait à fournir, une analyse complémentaire, des capacités d'absorption en verre mixte et incolore et des conditions financières, s'avère nécessaire au niveau européen.

Atteindre **70% de taux de recyclage** en 2006 supposerait un effort de collecte très important avec une croissance deux fois plus importante que celle observée sur les dernières années, alors même que la quasi totalité des communes sont aujourd'hui équipées d'un système de collecte sélective du verre d'emballage. Cet objectif conduirait à utiliser en 2006, 95% des capacités d'incorporation de verre incolore et la totalité de celles du verre mixte.

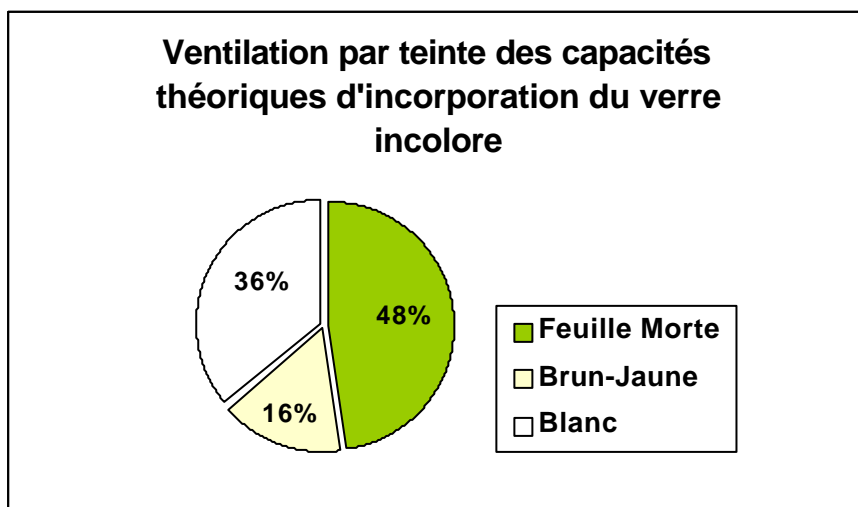
Le « plafond » des capacités nationales de recyclage combinant les capacités d'incorporation du verre mixte et du verre incolore correspond à un taux maximal de recyclage du verre d'emballage proche de 71%.

Taux de saturation des capacités théoriques d'incorporation du verre mixte + incolore par la collecte intérieure, dans l'objectif d'un taux de recyclage de 70% en 2006 :



Quel que soit le niveau d'objectif de taux de recyclage fixé pour le verre d'emballage à l'horizon 2006, les marges de manœuvre nécessaires qu'il convient de trouver dès 2004 pour continuer à recycler l'intégralité de la collecte intérieure d'emballage verre, peuvent être apportées par les capacités additionnelles d'incorporation du verre incolore.

Les capacités de recyclage du verre incolore sont de 338 kt/an à l'horizon 2006. La fabrication de verre « Blanc » ne constitue pas l'unique application verrière du verre incolore, qui peut également être incorporé en fabrication des teintes « Brun-Jaune » et « Feuille Morte ». Pour être incorporé en production de verre « Blanc », en raison d'importantes contraintes de maintien de la teinte en lit de fusion, le verre incolore incorporé doit être d'une pureté élevée.



Jusqu'à un objectif de taux de recyclage de 65%, la production de teinte « Feuille Morte » peut incorporer la totalité du verre incolore. Dans un objectif de taux de recyclage de 70%, l'incorporation du verre incolore au prorata des capacités par teinte s'impose, puisque 95% des capacités théoriques de verre incolore seraient mobilisées.

3. LA COLLECTE PAR COULEUR AVEC TRI A LA SOURCE PRESENTE A CE JOUR LA MEILLEURE EFFICACITE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE

La production de verre incolore peut être obtenue à partir de la collecte intérieure de verre d'emballage par deux options :

1. la collecte sélective par couleur (**tri à la source**) complétée par un traitement du verre brut incolore en centre de traitement (**épuration**) ;
2. la collecte en mélange traitée par procédé de tri intégré par couleur (**démélange**).

Le démélange

Le démélange a fait l'objet d'une tentative infructueuse en France et est appliqué à l'heure actuelle sur un nombre très restreint d'installations en Europe, en raison de difficultés liées à la double fonctionnalité de tri optique par couleur (démélange + épuration complémentaire de la fraction incolore)..

Cette option nécessite pour ce faire d'importants investissements en machines de tri optique et équipements périphériques et génère des surcoûts d'exploitation liés à la réduction du débit horaire, à l'entretien des équipements de tri optique, à l'accroissement de la consommation électrique et au stockage du produit fini.

L'option de démélange se caractérise par un taux de production du verre incolore en centre de traitement inférieure à 10% (quantité de verre incolore produite rapportée à la quantité traitée par couleur).

Cette conjugaison de facteurs défavorables explique le niveau élevé des surcoûts par tonne de verre incolore produite, qui varient de + 63 à + 80 €/t H.T par rapport au traitement d'une tonne de verre en mélange, selon le niveau de pureté du verre incolore produit.

Indicateurs de surcoûts de traitement du verre incolore en démélange :

Taux de production du verre incolore	7,9% à 9,2%
Surcoût de traitement par tonne de verre incolore produite	+ 63 à + 80 €/t H.T

Une nouvelle installation pilote aidée par l'ADEME entrera en service en 2002 . Elle permettra de tester de nouvelles performances des équipements de séparation et selon les résultats obtenus de confirmer ou au contraire modifier les indicateurs de surcoûts du traitement en démélange.

Le tri à la source

A la différence du démélange, qui repose sur un tri intégré par couleur au stade du traitement, l'option « tri à la source » nécessite une collecte séparée par couleur, ainsi qu'une épuration complémentaire de la fraction incolore (maîtrise de la teneur en verre coloré de la fraction incolore produite).

En option de « tri à la source, le verre est collecté en 2 fractions distinctes (coloré / incolore). Les retours d'expérience d'un échantillon de 8 collectivités locales engagées dans le tri du verre par couleur (615 00 habitants) indiquent que la part moyenne de verre incolore dans la totalité du verre collecté par teinte est de 27,5%.

Le flux incolore brut collecté comporte une part de 10% de verre coloré en moyenne.

Des opérations ciblées de tri à la source ont été mises en place en France depuis 1996. A la fin de l'année 2000, 1,7 millions d'habitants étaient desservis par la collecte du verre par couleur.

Les retours d'expérience indiquent que le passage au tri du verre par couleur se traduit par une densification des points d'apport et une augmentation de la dotation utile en contenants, contribuant à la progression des performances par habitant. De plus, le passage au tri par couleur permet à l'habitant de mieux identifier le gisement de verre incolore : les pots et bocaux, notamment.

La collecte en apport volontaire est réalisée de deux manières, séparée ou compartimentée. La comparaison des performances respectives des 2 systèmes de collecte ne permet pas de conclusion possible quant à celui à privilégier. Concernant la collecte du verre par couleur au porte-à-porte, les retours d'expérience restent limités à ce jour.

Le tri à la source génère des surcoûts de gestion des contenants et de collecte. La collecte séparée nécessite de doubler chaque point d'apport. La collecte compartimentée conduit à renouveler entièrement le parc des contenants et génère un allongement du temps d'immobilisation par point d'apport (manipulation de plusieurs compartiments au lieu d'un seul). Du fait d'une dotation relative inférieure à celle du verre coloré, la productivité des moyens de collecte de la fraction incolore est de manière générale inférieure à celle de la fraction colorée (taux de remplissage des contenants, tonnage horaire de collecte).

Les surcoûts de collecte du verre par couleur sont calculés dans le cadre de cette étude sur la base d'une performance inchangée par rapport à la collecte traditionnelle du verre en mélange de 30 kg/habitant/an et d'une part relative de 27,5% de verre incolore, conformément aux ordres de grandeur dégagés de l'analyse des cas concrets.

Les surcoûts complets de collecte englobent la gestion des contenants (achat, entretien) et la collecte proprement dite ; ils sont ici exprimés par tonne de verre collectée par couleur (fraction colorée + fraction incolore).

Indicateurs de surcoûts de collecte du verre par couleur (verre coloré + incolore) :

Surcoût complet par tonne de verre collecté par couleur	+ 5.5 à+ 9.8 €/t H.T
Surcoût aidé par tonne de verre collecté par couleur (*)	+ 3.7 à+ 6.1 €/t H.T

(*) compte tenu d'un taux d'aide de 50% à l'achat des conteneurs et du barème de soutien par tonne triée en vigueur.

L'épuration

L'épuration se caractérise par un taux de production du verre incolore en centre de traitement proche de 80% en moyenne (quantité de verre incolore produite rapportée à la quantité de verre incolore traitée par couleur).

Le traitement des fractions incolores triées à la source porte, en plus des fonctionnalités traditionnelles de traitement du verre, sur la maîtrise du taux de particules colorées dans le verre incolore produit.

L'épuration des fractions incolores peut être effectuée sur des installations existantes, dépourvues de machines spécifiques de tri optique par couleur ; dans ce cas, le verre incolore produit est incorporable uniquement en production de verre « Feuille Morte ».

La modification d'installations existantes par addition d'une fonctionnalité de tri par couleur en aval du process de traitement autorise des volumes de production plus importants et des niveaux de qualité du produit fini supérieurs. Le niveau de qualité requis détermine en effet le nombre de passages en tri optique nécessaires ainsi que les choix d'affectation de la tranche de granulométrie 0-10 mm, sur laquelle le tri optique est inopérant.

Le verre incolore issu du tri à la source peut enfin être traité en installations exclusivement dédiées au traitement des fractions incolores. Cette dernière option génère des surcoûts de traitement inférieurs à la précédente configuration d'exploitation (installations adaptées) ; les investissements de tri optique et périphériques s'ajoutent à des contraintes de stockage du produit fini et à une augmentation des coûts d'entretien et de consommation électrique.

En fonction du type d'installation, adaptée ou dédiée à l'épuration de fractions incolores, mais également du type de teinte incorporatrice du verre incolore produit et des rendements de tri afférents, les surcoûts de traitement par tonne de verre incolore produite varient dans une fourchette comprise entre +3.7 à + 12.2 €/t H.T (hors valeurs extrêmes).

Indicateurs de surcoûts de traitement du verre incolore en épuration :

Taux de production du verre incolore	65,8% à 86,9%
Surcoût de traitement par tonne de verre incolore produite (*)	+ 3.7 à + 12.2 €/t H.T

(*) hors valeurs extrêmes.

Comparaison consolidée des options « tri à la source + épuration » et « démélange » :

Indicateurs de performances	TRI A LA SOURCE + EPURATION	DEMELANGE
Taux de récupération du verre incolore		
Part du verre incolore dans la collecte	28%	28%
Part du verre collecté objet du traitement par couleur	27,5%	100%
Taux de production du verre incolore en traitement	77%	8,5%
Taux de récupération du verre incolore	75%	30%
Surcoûts pour 100 000 tonnes de verre incolore produites		
Surcoût complet de collecte	2.6 à 4.6 M€/an	-
Surcoût de traitement	0.3 à 1.2 M€/an	6.4 à 8.1 M€/an
Surcoût total (collecte + traitement)	2.9 à 5.8 M€/an	6.4 à 8.1 M€/an

La confrontation technique et économique des 2 options désigne clairement la collecte par couleur avec tri à la source comme la plus performante à ce jour.

L'option « tri à la source + épuration » autorise en effet un taux de récupération du verre incolore de 75%, contre 30% en option de démélange, cette dernière option étant en outre 1,5 fois à 2 fois plus coûteuse par tonne de verre incolore produite que l'option de tri à la source.

En option de tri à la source, la collecte par couleur représente 80% du surcoût total.

4. SIMULATION DES NIVEAUX DE SURCÔUTS DE L'OPTION « TRI A LA SOURCE », EN FONCTION DES OBJECTIFS DE TAUX DE RECYCLAGE DU VERRE D'EMBALLAGE EN 2006

Le tonnage de verre à collecter par couleur est déterminé à partir du tonnage de verre incolore à incorporer, compte tenu de trois niveaux d'objectifs de taux de recyclage en 2006. Les surcoûts sont déterminés au prorata des capacités théoriques d'incorporation par teinte.

Niveaux de surcoûts de l'option « tri à la source + épuration » en fonction de l'objectif de taux de recyclage en 2006 :

Les surcoûts sont exprimés en €/t de verre collectée par couleur (coloré + incolore), hors taxes.

Paramètres	OBJECTIFS DE TAUX DE RECYCLAGE		
	60%	65%	70%
Collecte intérieure de verre d'emballage	2230 kt/an	2420 kt/an	2600 kt/an
Performance de collecte intérieure par habitant	37 kg/hab/an	40 kg/hab/an	43 kg/hab/an
Collecte directe de verre d'emballage auprès des ménages	1980 kt/an	2170 kt/an	2350 kt/an
Performance de collecte directe par habitant	33 kg/hab/an	36 kg/hab/an	39 kg/hab/an
Tonnage de verre incolore à incorporer	50 kt/an	140 kt/an	320 kt/an
Taux de production du verre incolore (épuration)	77%	77%	77%
Tonnage de verre incolore à collecter de manière séparée	65 kt/an	183 kt/an	418 kt/an
Part du verre incolore dans la totalité de la collecte par couleur	27,5%	27,5%	27,5%
Tonnage total de verre à collecter par couleur (coloré + incolore)	237 kt/an	665 kt/an	1520 kt/an
Nombre d'habitants desservis par le tri du verre par couleur	6 millions	17 millions	35 millions
Surcoût complet de collecte par tonne de verre collectée par couleur	5 à 10 €/t	5 à 10 €/t	5 à 10 €/t
Surcoût complet de collecte par couleur	1,3 à 2,3 M€/an	3,7 à 6,5 M€/an	8,3 à 14,8 M€/an
Surcoût aidé de collecte par tonne de verre collectée par couleur	4 à 6 €/t	4 à 6 €/t	4 à 6 €/t
Surcoût aidé de collecte par couleur	0,9 à 1,4 M€/an	2,4 à 4,1 M€/an	5,6 à 9,3 M€/an
Surcoût de traitement par tonne de verre collectée par couleur	1 à 3 €/t	1 à 3 €/t	1 à 3 €/t
Surcoût de traitement par couleur	0,2 à 0,6 M€/an	0,5 à 1,7 M€/an	1,2 à 4 M€/an
Surcoûts logistiques	non chiffrés	non chiffrés	non chiffrés
Surcoût total complet par tonne de verre collectée par couleur	6 à 12 €/t	6 à 12 €/t	6 à 12 €/t
Surcoût total complet de tri du verre par couleur	1,5 à 2,9 M€/an	4,2 à 8,2 M€/an	9,5 à 18,8 M€/an
Surcoût total aidé par tonne de verre collectée par couleur	5 à 9 €/t	5 à 9 €/t	5 à 9 €/t
Surcoût total aidé de tri du verre par couleur	1,1 à 2 M€/an	2,9 à 5,8 M€/an	6,8 à 13,3 M€/an

Dans le cadre de cette étude, ne sont pas comptabilisés les éventuels surcoûts de transport que pourraient, au regard de la situation actuelle, entraîner d'éventuels allongements de distance entre les zones de collecte triées à la source, les lieux de traitement et de recyclage du verre d'emballage.

SOMMAIRE

PARTIE I. GISEMENT DE VERRE D'EMBALLAGE ET PERSPECTIVES DE RECYCLAGE..... p.15

Chapitre 1. Le gisement ciblé de verre d'emballage.....	p. 16
1. 1. Consommation de verre d'emballage et gisement ciblé.....	p. 16
1. 2. Le gisement ciblé par catégorie de produits.....	p. 18
1. 3. Le gisement ciblé par teinte (coloré – incolore).....	p. 19
1. 3. 1. Le gisement national de verre incolore.....	p. 19
1. 3. 2. Estimation du gisement de verre incolore par département.....	p. 20
Chapitre 2. Les perspectives de recyclage de la collecte intérieure.....	p. 22
2. 1. La collecte intérieure en 2000.....	p. 22
2. 2. Le taux de recyclage en 2000.....	p. 22
2. 3. Perspectives 2006 : Hypothèses de travail.....	p. 24
2. 3. 1. La collecte intérieure en 2006 (objectif de recyclage 60%).....	p. 24
2. 3. 2. La collecte intérieure en 2006 (objectif de recyclage 70%).....	p. 25
2. 3. 3. Evolutions comparées depuis 1994.....	p. 25
Chapitre 3. Capacités d'incorporation de la collecte intérieure.....	p. 26
3. 1. Les contraintes d'incorporation du verre incolore.....	p. 26
3. 2. Les taux techniques d'incorporation.....	p. 27
3. 3. Taux d'incorporation exprimés en % du poids de verre collecté.....	p. 28
3. 4. Niveaux actuels d'incorporation du verre d'emballage (2000).....	p. 29
Chapitre 4. Adéquations entre les capacités théoriques d'incorporation et la collecte intérieure (2000-2006).....	p. 30
4. 1. Les capacités théoriques d'incorporation.....	p. 30
4. 2. Limites d'incorporation de la collecte intérieure non triée.....	p. 32
4. 2. 1. Dans la perspective d'un taux de recyclage de 60%.....	p. 32
4. 2. 2. Dans la perspective d'un taux de recyclage de 70%.....	p. 32
4. 3. Besoins additionnels d'incorporation en verre incolore.....	p. 33
4. 3. 1. Dans la perspective d'un taux de recyclage de 60%.....	p. 33
4. 3. 2. Dans la perspective d'un taux de recyclage de 70%.....	p. 33
4. 4. Besoins d'incorporation du verre incolore collecté en 2006 (pour un objectif de taux de recyclage de 70%).....	p. 35

PARTIE II. LA COLLECTE DU VERRE PAR COULEUR (TRI A LA SOURCE).....P. 37

Chapitre 5. Le tri à la source : les études de cas concrets.....	p. 38
5. 1. Méthode d'analyse des cas concrets.....	p. 38
5. 2. Caractéristiques techniques et performances mesurées.....	p. 39
5. 2. 1. Les choix techniques de collecte du verre par couleur.....	p. 39
5. 2. 2. Dotation en contenants et performances de collecte du verre.....	p. 39
5. 2. 3. Taux de remplissage et tonnage horaire de collecte.....	p. 41
5. 3. Mesure d'impact du tri par couleur sur les performances de collecte.....	p. 42
5. 3. 1. Précautions d'interprétation.....	p. 42
5. 3. 2. Mesure des impacts.....	p. 42
5. 4. Evaluation des coûts de collecte du verre par couleur.....	p. 45
5. 4. 1. Méthode de calcul des coûts.....	p. 45
5. 4. 2. Structure des coûts de collecte du verre.....	p. 46
5. 5. Enseignements concernant la collecte du verre par couleur.....	p. 48
5. 5. 1. La communication.....	p. 48
5. 5. 2. La gestion des contenants.....	p. 48
5. 5. 3. La collecte.....	p. 49
5. 5. 4. Le transport.....	p. 49

Chapitre 6. Evaluation des surcoûts du tri à la source.....	p. 50
6. 1. Hypothèses de travail et paramètres.....	p. 50
6. 1. 1. Les paramètres invariants selon les configurations.....	p. 50
6. 1. 2. Les paramètres variables selon les configurations.....	p. 51
6. 1. 3. L'analyse de sensibilité des surcoûts du tri à la source.....	p. 51
6. 2. Structure et amplitude de variation des surcoûts du tri à la source.....	p. 53
6. 2. 1. Les surcoûts complets.....	p. 53
6. 2. 2. Les surcoûts aidés.....	p. 53
6. 3. Synthèse des niveaux de surcoût de la collecte du verre par couleur.....	p. 54
PARTIE III. LE TRAITEMENT DU VERRE PAR COULEUR (EPURATION / DEMELANGE).....	p. 57
Chapitre 7. Le traitement par couleur : technologies et performances.....	p. 58
7. 1. Les options et les contraintes du traitement du verre par couleur.....	p. 58
7. 2. Les spécifications techniques de traitement du verre.....	p. 59
7. 2. 1. Les spécifications techniques du verre brut (collecté).....	p. 59
7. 2. 2. Les spécifications techniques du verre produit (traité).....	p. 60
7. 3. Les technologies de traitement du verre par couleur.....	p. 61
7. 3. 1. Les méthodes de traitement du verre.....	p. 61
7. 3. 2. Le principe du traitement du verre par couleur.....	p. 61
7. 4. Détermination des rendements du tri du verre par couleur.....	p. 63
7. 4. 1. Les indicateurs de rendement du tri par couleur.....	p. 63
7. 4. 2. Les rendements quantitatifs de l'épuration du verre incolore.....	p. 64
7. 4. 3. Les rendements quantitatifs du démelange du verre mixte.....	p. 66
7. 4. 4. Les rendements quantitatifs du tri par couleur, selon l'option de tri.....	p. 67
7. 4. 5. Les rendements qualitatifs du tri par couleur, selon l'option de tri.....	p. 68
Chapitre 8. Les retours d'expérience, en France et en Europe.....	p. 69
8. 1. Les retours d'expérience en France.....	p. 69
8. 1. 1. Les retours d'expérience sur l'épuration du verre incolore.....	p. 69
8. 1. 2. Les retours d'expérience sur le démelange du verre mixte.....	p. 71
8. 2. Les retours d'expérience en Europe.....	p. 72
8. 2. 1. Les retours d'expérience sur le démelange du verre mixte.....	P. 77
8. 2. 2. Les retours d'expérience sur l'épuration du verre incolore.....	p. 78
Chapitre 9. Evaluation des surcoûts du traitement du verre par couleur.....	p. 78
9. 1. Méthode de calcul des surcoûts du traitement du verre par couleur.....	p. 78
9. 1. 1. La structure des surcoûts.....	p. 78
9. 1. 2. Neutralisation du taux de charge des équipements.....	p. 78
9. 1. 3. Neutralisation des coûts de traitement des refus.....	p. 78
9. 2. Les cas types de traitement du verre par couleur.....	p. 79
9. 2. 1. Les cas types de traitement de la fraction incolore (épuration).....	p. 79
9. 2. 2. Les cas types de tri intégré par couleur (démelange).....	p. 80
9. 3. Hypothèses de rendements de tri par couleur, selon l'option de tri.....	p. 81
9. 4. Détermination des niveaux d'équipements, selon l'option de tri.....	p. 82
9. 5. Les surcoûts d'investissement de la fonction « tri optique ».....	p. 83
9. 5. 1. Epuration de la fraction incolore.....	p. 83
9. 5. 2. Démelange du verre mixte.....	p. 84
9. 5. 3. Récapitulatif des surcoûts d'investissement de tri optique.....	p. 84
9. 6. Les surcoûts d'investissement de la fonction « stockage ».....	p. 85
9. 7. Les surcoûts de fonctionnement du traitement par couleur.....	p. 86
9. 7. 1. Incidence du débit horaire sur les coûts de fonctionnement.....	p. 86
9. 7. 2. Les surcoûts de GER.....	p. 86
9. 7. 3. Les surcoûts d'entretien.....	p. 87
9. 7. 4. Les surcoûts de consommation électrique.....	p. 87
9. 8. Surcoûts complets du traitement par couleur, selon l'option de tri.....	p. 88

**PARTIE IV. PERFORMANCES, COÛTS ET DIMENSIONNEMENT DE LA MISE EN ŒUVRE
DU TRI DU VERRE PAR COULEUR : SCENARIOS 2006.....p. 90**

**Chapitre 10. Performances, coûts et dimensionnement de la mise en œuvre
du tri du verre par couleur : scénarios 2006..... p. 91**

- 10. 1. Hypothèses de travail..... p. 91**
 - 10. 1. 1. Variantes d'objectifs de taux de recyclage en 2006..... p. 91
 - 10. 1. 2. Affectation du verre incolore par teinte incorporatrice..... p. 91
- 10. 2. Indicateurs recherchés..... p. 92**
 - 10. 2. 1. Le tonnage objet du tri par couleur en 2006..... p. 92
 - 10. 2. 2. Les populations à desservir..... p. 92
 - 10. 2. 3. Les niveaux de surcoûts selon l'option de tri..... p. 92

CONCLUSIONS.....p. 97

ANNEXES.....p. 99

- Annexe 1. Structure par teinte de la consommation..... p. 100**
- Annexe 2. Les sites de traitement et de recyclage du verre..... p. 103**
- Annexe 3. Répartition par couleur de la production de verre d'emballage
en Europe..... p. 105**
- Annexe 4. Coûts horaires de collecte, selon le type de véhicule..... p. 106**
- Annexe 5. Résultats des études de cas du « tri à la source » p. 107**

PARTIE I.

LE GISEMENT CIBLE DE VERRE D'EMBALLAGE ET LES PERSPECTIVES DE RECYCLAGE DE LA COLLECTE INTERIEURE

Chapitre 1.

Le gisement ciblé de verre d'emballage

Chapitre 2.

Perspectives de recyclage de la collecte
intérieure de verre d'emballage

Chapitre 3.

Capacités d'incorporation de la collecte
intérieure

Chapitre 4.

Adéquations entre les capacités théoriques
d'incorporation et la collecte intérieure
(2000-2006)

Chapitre 1. Le gisement ciblé de verre d'emballage

1. 1) Consommation de verre d'emballage et gisement ciblé

Le gisement annuel de verre d'emballage est considéré par hypothèse comme directement équivalent au volume de la consommation annuelle afférente. Le chiffre de mise en marché 2000 provient du dernier rapport de la France établi dans le cadre de la Directive 94/62/CE.

Pour l'année 2000, la consommation annuelle de verre d'emballage en France métropolitaine s'établit à 3 403 kt (soit 58 kg/habitant/an).

La consommation de verre d'emballage est composée d'un gisement ciblé et d'un gisement non ciblé.

Le gisement de verre d'emballage ciblé correspond, en poids, à la consommation en verre d'emballage **à usage unique** des ménages, y compris hors foyer (« CHR », campings, etc.), déduction faite des flacons de pharmacie.

Le gisement non ciblé porte sur 2 types de consommation de verre d'emballage :

- ❑ 26 kt/an pour la pharmacie (CYCLAMED, 2000) ;
- ❑ 177 kt/an pour réutilisation, consigne, usage industriel, commercial et médical.

Le gisement ciblé de verre d'emballage représente 94% de la consommation annuelle totale de verre d'emballage française en 2000.

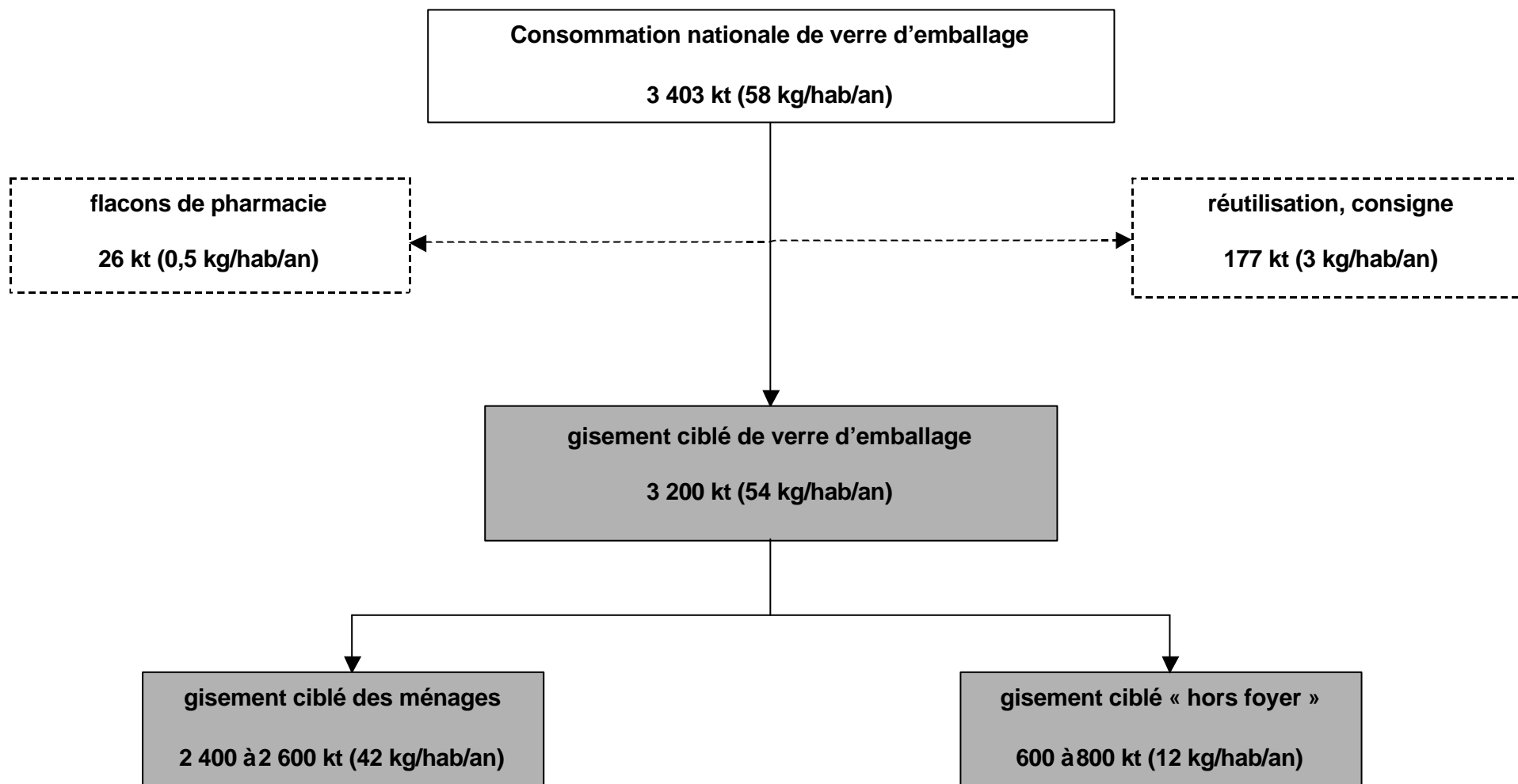
Consommation de verre d'emballage ciblé en 2000

=

3 200 kt (54 kg/hab/an)

N. B : la population française métropolitaine est considérée proche de 58,6 millions d'habitants en 2000 et de 60,5 millions d'habitants en 2006 (extrapolation des données INSEE issues des recensements de 1990 et 1999, soit 56,6 millions d'habitants en 1990 et 58,4 millions en 1999).

Les gisements ciblés et non ciblés de verre d'emballage (année 2000)



1. 2) Le gisement ciblé de verre d'emballage par catégorie de produits

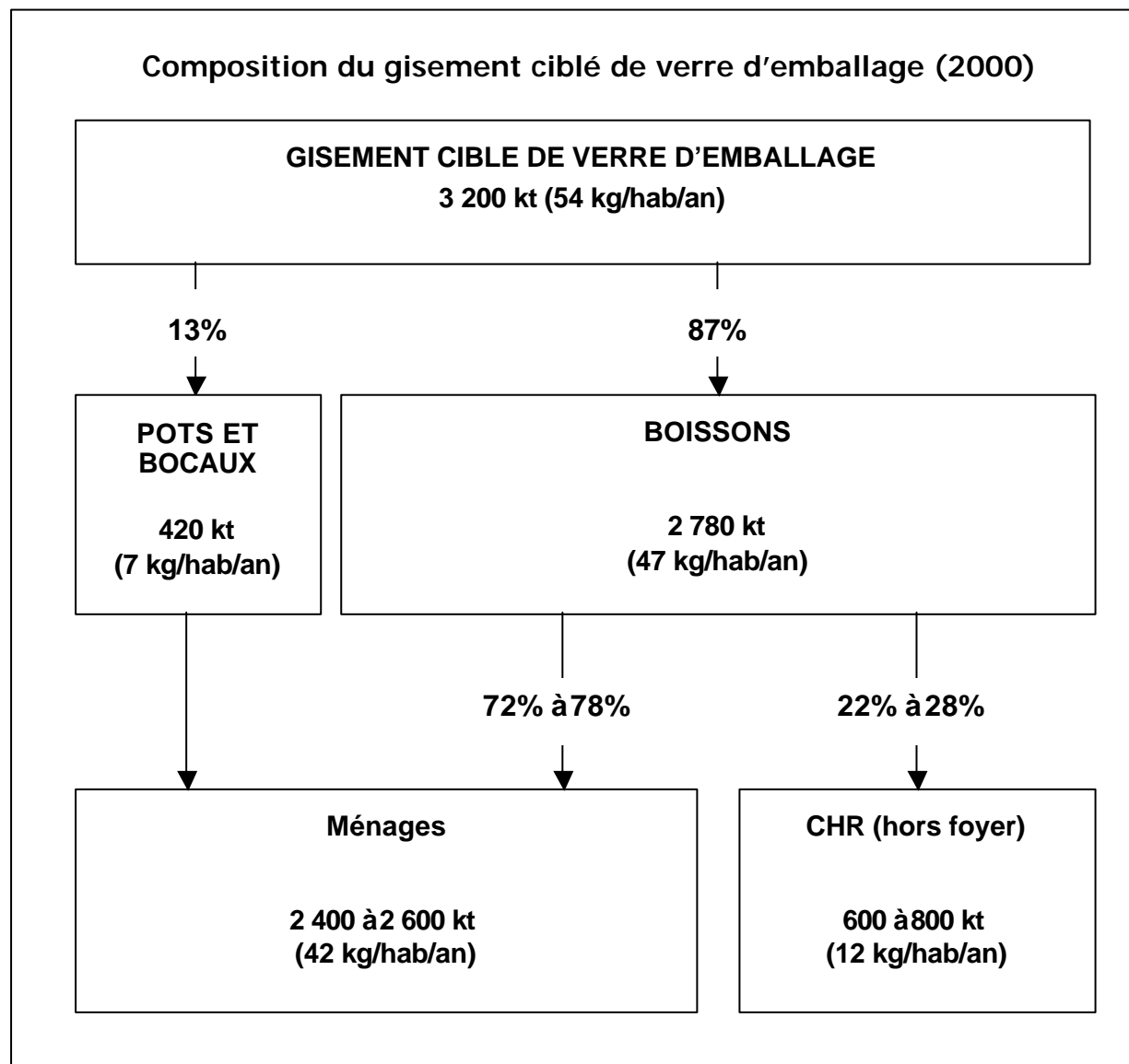
Le gisement ciblé de verre d'emballage peut être décomposé par catégorie de produits, au regard de la dichotomie « bouteilles » / « pots et bocaux ».

La ventilation de la consommation des ménages par catégorie de produit pour l'année 2000 est issue des données statistiques ESTEM.

La consommation en bouteilles (« boissons ») représente 87% de la consommation annuelle du verre d'emballage ciblé, soit 2780 kt (47kg/hab/an). Elle se répartit entre la consommation des ménages et le circuit CHR.

La consommation hors foyer en « Cafés, Hôtels, Restaurants » (CHR) porte uniquement sur la fraction **à usage unique** de la catégorie « boisson », soit 600 à 800 kt en 2000. Une partie du verre d'emballage « boisson » consommé en CHR fait en effet l'objet de consigne ou de remplissage.

La consommation en pots et bocaux représente 13% du gisement de verre d'emballage ciblé ; soit 420kt (7 kg/hab/an). Elle porte exclusivement sur du verre incolore (mi-blanc, blanc, extra-blanc) et ne concerne que la consommation des ménages.



1. 3) Le gisement de verre d'emballage ciblé par teinte (coloré - incolore)

1. 3. 1) Le gisement national de verre incolore

La ventilation par teinte de la consommation de verre d'emballage pour l'année 2000 a été déterminée sur la base de la structure pour l'année 2000 de la production par teinte de chaque catégorie de verre d'emballage fournie par la CSVMF.

La production de verre extra-blanc (flacons, notamment) n'est pas ici prise en compte, en raison de l'impossibilité pour cette production d'incorporer du verre en recyclage (exigences élevées en termes de pureté du produit). La production prise en compte correspond ainsi à la production susceptible d'incorporer du calcin ménager, c'est à dire au périmètre des applications verrières potentielles du gisement de verre d'emballage ciblé. De l'étude des parts relatives de chaque teinte pour chacune des 9 catégories de produits « boisson » a été déduite la composition du gisement par teinte ; les pots et bocaux étant quantifiés à 100% en verre incolore ⁽¹⁾.

Structure par teinte du gisement ciblé de verre d'emballage (2000) :

Teintes	Gisement ciblé de verre d'emballage		
	kt/an	kg/hab/an	%
Vert	1 639	28	51%
Feuille morte	402	7	13%
Brun, jaune	141	2	4%
Blanc	1 018	17	32%
TOTAL	3 200	54	100%

Le gisement ciblé de verre d'emballage incolore en France métropolitaine (2000) :

Produits	Gisement de verre incolore		Parts relatives	
	kt/an	kg/hab/an	% du gisement incolore	% du gisement ciblé
Boissons	598	10	59%	17%
Pots et bocaux	420	7	41%	13%
TOTAL	1 018	17	100%	32%

Le gisement incolore ciblé de verre d'emballage ressort à un niveau de 17 kg/ha b/an en 2000, dont 10 kg/hab/an d'emballages « boisson » (bouteilles) et 7 kg/hab/an de pots et bocaux.

Le verre incolore représente 32% du poids total du gisement ciblé de verre d'emballage.

⁽¹⁾ Cf. Annexe 3.

1. 3. 2) Estimation du gisement de verre incolore par département

Le gisement national de verre d'emballage ciblé et sa ventilation par teinte « couleur / incolore » sont analysés ici dans leurs répartitions par département, selon la méthode utilisée dans l'étude ADEME / Adelphe « Gisement de verre d'emballage par département en 1997 ».

On dispose ainsi de la distribution spatiale **pour l'année 2000** des flux incolores de verre d'emballage ciblé sur le territoire national, exprimés en écarts par rapport à la moyenne nationale de consommation par habitant et par an et en part relative du gisement total de verre d'emballage ciblé.

Le gisement de verre incolore varie selon les départements de 14 à 20 kg/hab/an et sa part relative dans la consommation de verre d'emballage varie de 24% à 37%.

Chapitre 2. Perspectives de recyclage de la collecte intérieure de verre d'emballage

2. 1) La collecte intérieure en 2000

La collecte intérieure est le terme couramment utilisé pour désigner la part collectée sélectivement du gisement de verre d'emballage consommé par les ménages, y compris hors foyer (CHR, collectivités,...) et en circuit industriel.

La collecte industrielle porte sur les déchets de verre d'emballage correspondant aux usages industriels, commerciaux et médicaux, ainsi qu'aux circuits réutilisation et consigne.

1) Collecte de verre d'emballage ménager	= "collecte directe"	} COLLECTE INTERIEURE DE VERRE D'EMBALLAGE
2) Collecte de verre d'emballage hors foyer	= "collecte indirecte"	
3) Collecte de verre d'emballage industriel	= "collecte industrielle"	

En 2000, la collecte intérieure de verre d'emballage est de 1,7 Mt.

Ce chiffre est issu du rapport transmis par la France à la Commission Européenne dans le cadre de la Directive 94/62/CE sur les emballages et déchets d'emballages.

Dans la durée, le volume annuel de la collecte intérieure évoluera en fonction des évolutions respectives de la consommation et des performances de collecte sélective.

2. 2) Le taux de recyclage en 2000

Le rapport entre le tonnage annuel de la collecte intérieure et le tonnage de la consommation annuelle de verre d'emballage est appelé « taux de recyclage ».

En 2000, ce taux a été de $\frac{1\ 691\ \text{kt}}{3\ 403\ \text{kt}} = 50\%$.

En 2000, le taux de recyclage du verre d'emballage est de 50%.

Bilan 1994 – 2000 de la consommation, de la production, de la collecte intérieure et du recyclage du verre d'emballage

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Sources
1 - Production de verre d'emballage	3 440	3 644	3 674	3 816	3 958	3 978	3 985	SESSI - enquête de branche (rapport CE)
1.1 CSVMF	3 332	3 507	3 536	3 662	3 805	3 829	3 829	CSVMF rapport d'activité : bout. + flacons + bocaux
1.2 Hors CSVMF	108	137	138	154	153	149	156	Calcul = 1 - 1.1
2 - Consommation de verre d'emballage	3 104	3 150	3 200	3 293	3 513	3 384	3 403	ADEME (rapport CE)
2.1 Ménages	2 300	-	-	2 550	-	-	-	
2.2 Hors foyer	804	-	-	743	-	-	-	
3 - Collecte intérieure de verre d'emballage	1 180	1 235	1 290	1 388	1 576	1 686	1 691	ADEME (rapport CE)
3.1 Collecte intérieure directe de verre d'emballage	1 080	1 146	1 209	1 296	1 423	1 459	1 464	
3.2 Collecte de verre indirecte et de verre industrie	100	89	81	92	153	227	227	
4 - Echanges extérieurs								
4.1 Importations	117	139	168	223	353	399	369	Douanes Code 7001
4.2 Exportations	79	109	101	105	89	86	110	Douanes Code 7001
5 - Autres valorisations du verre	-	-	-	-	-	-	-	
6 - Incorporation du verre en recyclage	1 314	1 420	1 445	1 582	1 639	1 747	1 935	CSVMF - Rapport d'activité
6.1 En production de verre creux (emballages)	1 292	1 403	1 426	1 552	1 609	1 717	1 905	CSVMF
6.2 En production de verre plat	22	17	19	31	30	30	30	CSVMF
Taux de recyclage du verre d'emballage	38%	39%	40%	42%	45%	50%	50%	Calcul = 3 / 2 (rapport CE)
Taux d'utilisation dans les verreries de verre creux CSVMF	39%	40%	40%	42%	42%	45%	50%	Calcul = 6.1 / 1.1

Unité : kt/an.

2. 3) Perspectives 2006 : hypothèses de travail

Dans le cadre des discussions en cours sur la définition des objectifs pour 2006 de la Directive 94/62/CE sur les emballages et déchets d'emballages, les taux envisagés pour le recyclage du verre varient essentiellement entre 60% et 70%. **Afin de chiffrer prévisionnellement l'évolution annuelle de la collecte intérieure, deux objectifs de taux de recyclage sont retenus à l'échéance 2006, respectivement de 60% et 70%, en tant qu'hypothèses de travail.**

S'agissant de la consommation, l'industrie verrière prévoit sur la période 2000 / 2006 un taux de croissance moyen annuel (TCMA) de 1,5% en poids de verre d'emballage mis en marché (uniformément appliqué aux différentes catégories de consommation par teinte de verre d'emballage, en prolongement de ce qui est observé sur la période 1994 - 2000).

A partir de ces hypothèses, les tonnages annuels consommés d'une part, objets de la collecte intérieure d'autre part, sont présentés dans les tableaux ci-après.

Dans le périmètre de la collecte intérieure, sont distinguées les évolutions des 2 flux qui la composent (collecte directe des rejets des ménages et collecte indirecte en CHR) :

- la collecte indirecte et la collecte industrielle sont supposées évoluer en proportion directe de l'évolution de la consommation (+ 1,5% par an) ;
- la collecte directe est annuellement le résultat de la différence entre l'objectif total de collecte intérieure et les volumes de collecte indirecte et industrielle (à la différence des autres collectes, la collecte directe dépendra davantage de l'accroissement des performances des programmes de collecte sélective que de celle de la consommation).

Evolution prévisionnelle de la consommation de verre d'emballage de 2000 à 2006 :

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Consommation	3 403	3 454	3 506	3 558	3 612	3 666	3 720

Unité : kt/an

2. 3. 1) La collecte intérieure en 2006 (objectif de recyclage de 60%)

Hypothèse d'évolution du taux de recyclage par année, de 2000 à 2006 :

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Taux de recyclage	50%	51%	53%	55%	56%	58%	60%

Collecte intérieure pour atteindre un taux de recyclage de 60% en 2006 :

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Collecte directe	1 464	1 540	1 620	1 704	1 793	1 886	1 980
Autres collectes	227	230	234	237	241	245	250
Collecte intérieure	1 691	1 771	1 854	1 942	2 034	2 131	2 230

Unité : kt/an

Un objectif de 60% de recyclage du gisement de verre d'emballage en 2006 correspond à un tonnage à collecter de 2,2 Mt en 2006, dont près de 2 Mt pour la collecte directe auprès des ménages (soit 33 kg/hab/an à collecter auprès des ménages).

2. 3. 2) La collecte intérieure en 2006 (objectif de recyclage de 70%)

Hypothèse d'évolution du taux de recyclage par année, de 2000 à 2006 :

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Taux de recyclage	50%	53%	56%	59%	62%	66%	70%

Collecte intérieure pour atteindre un taux de recyclage de 70% en 2006 :

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Collecte directe	1 464	1 585	1 716	1 857	2 011	2 177	2 350
Autres collectes	227	230	234	237	241	245	250
Collecte intérieure	1 691	1 815	1 950	2 095	2 252	2 421	2 600

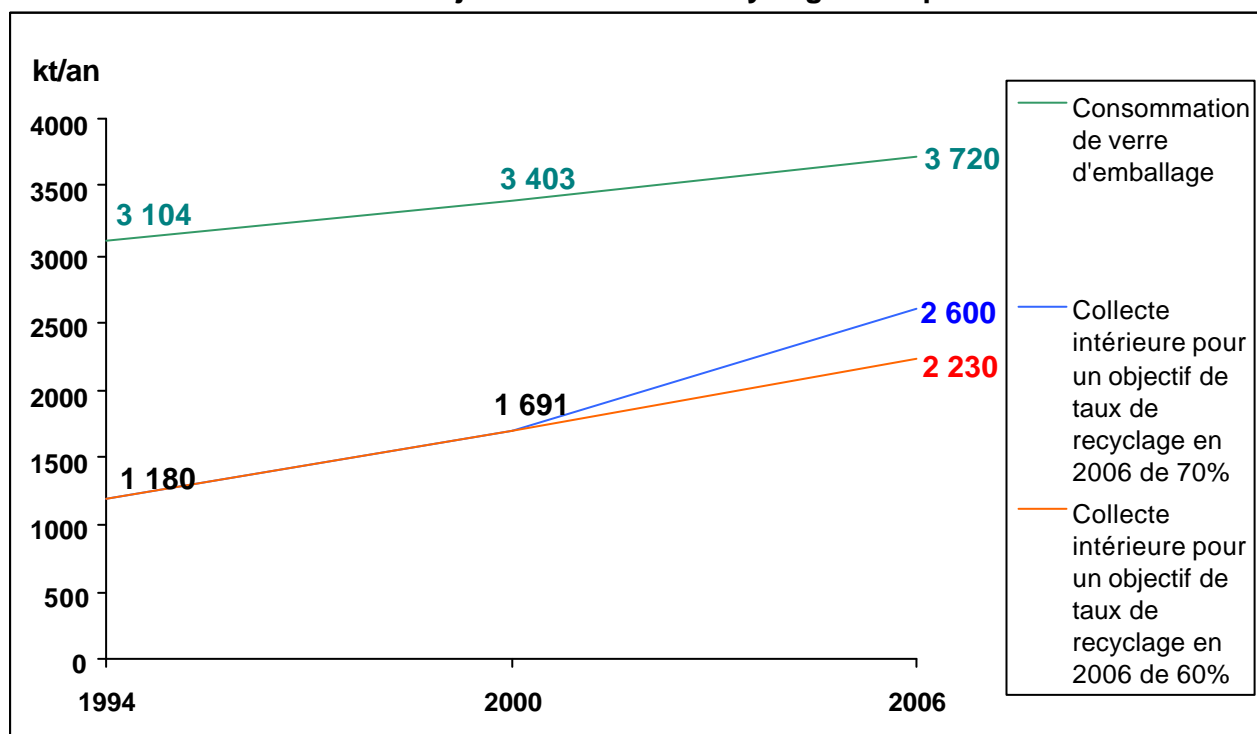
Unité : kt/an

Un objectif de 70% de recyclage du gisement de verre d'emballage en 2006 correspond à un tonnage à collecter de 2,6 Mt en 2006, dont 2,35 Mt pour la collecte directe auprès des ménages (soit 39 kg/hab/an à collecter auprès des ménages).

2. 3. 3) Evolutions comparées depuis 1994

De 1994 à 2000, la croissance du tonnage de la collecte intérieure de verre d'emballage a été de 506 kt (1 180 kt en 1994, 1 691 kt en 2000), soit une moyenne annuelle de + 85 kt/an.

Evolution de la consommation et de la collecte intérieure de verre d'emballage, en fonction des objectifs de taux de recyclage fixés pour 2006 :



On observe une progression plutôt linéaire et non pas croissante dans le temps. En effet, l'augmentation de la consommation est largement compensée par le fait que les tonnages sont de plus en plus difficiles à mobiliser. Cette même progression linéaire extrapolée jusqu'en 2006 conduirait à un tonnage collecté proche de 2 200 kt/an, correspondant à un taux de recyclage de 60%.

Chapitre 3. Capacités d'incorporation de la collecte intérieure

3. 1) Les contraintes d'incorporation du verre incolore dans la production

Les spécifications techniques d'incorporation du verre en recyclage sont directement liées à la part relative de verre incorporée dans le lit de fusion. Pour être incorporé dans la production de verre de teinte blanche, le verre incolore doit donc présenter un taux de pureté élevé.

En France, la CSVMF indique que la production de verre mi-blanc (bouteilles incolores laissant apparaître un reflet coloré) a ainsi été stoppée au milieu des années 90. Une partie de la production de verre mi-blanc de pays européens est néanmoins importée et présente dans le gisement français (gisement ciblé).

A la différence d'autres pays européens, la consommation en France de verre d'emballage incolore porte donc principalement sur une qualité « translucide » et ne se satisfait peu à ce jour du degré d'opacité qui serait obtenu avec l'incorporation d'un calcin incolore « mi-blanc » dans la production de verre blanc.

Le verre coloré est chargé en oxydes métalliques dont la présence déstabilise le process de fabrication (maîtrise de la coloration). Pour cette raison, le verre traité, même de manière drastique, ne peut être incorporé dans la fabrication d'emballages « haut de gamme » (spiritueux,...).

Le marché du verre d'emballage est par ailleurs soutenu par des stratégies de « différenciation » des produits par la teinte : le verre de teinte blanche constitue un support d'appel pour les produits correspondants (marketing) ; son utilisation semble appelée à se développer, sans que cette tendance soit véritablement quantifiable à l'horizon 2006.

Par type de teinte, les tendances (non chiffrables) sont les suivantes :

- Vert : Δ -
- Feuille morte : Δ (stable)
- Brun - Jaune (jaune, brun, ambre) : Δ +
- blanc : Δ +

Au regard des volumes globaux annuels produits, on considère qu'une légère modification de la structure par teinte de la production de verre d'emballage n'exercerait pas d'incidence majeure sur les valeurs limites d'incorporation du verre en recyclage. Cette tendance devrait néanmoins favoriser l'accroissement des performances de captage du gisement de verre incolore. Cependant, de nombreuses bouteilles de teinte blanche comportent des sérigraphies dont la couleur est obtenue par addition de plomb (couleur rouge) ou de cobalt (couleur bleue)... , ce qui limite pour partie les possibilités d'incorporation du verre incolore « bouteilles boissons » dans la production de verre d'emballage. A l'inverse, les pots et bocaux constituent un gisement permettant à terme d'envisager une amélioration des capacités d'incorporation du verre incolore dans la fabrication du verre de teinte blanche (à la différence des bouteilles de teinte blanche, les pots et bocaux alimentaires sont fabriqués en verre « extra-blanc »).

Le verre incolore peut être incorporé dans la production de 3 teintes de verre d'emballage :

- 1) Verre « Feuille Morte »
- 2) Verre « Brun-Jaune »
- 3) Verre « Blanc »

3. 2) Les taux techniques d'incorporation

Les taux techniques d'incorporation du verre dans la production de verre d'emballage ci-dessous expriment en % la part maximale admissible de verre d'emballage (issu de collecte) dans la composition du verre produit, c'est à dire le produit fini sortant des fours des usines.

Taux techniques d'incorporation dans la production de verre d'emballage :

Verre d'emballage incorporé	Taux techniques d'incorporation par teinte (en % du produit fini)			
	Vert	Feuille morte	Brun-Jaune	Blanc
Verre mixte	80%	50%	20%	-
Verre incolore	-	25%	30%	10%

Source : CSVMF

Les taux techniques d'incorporation constituent des taux limites ; une fois atteints, ils ne permettent plus l'incorporation de verre plat.

Les taux techniques tiennent également compte de valeurs limites d'impuretés en particules colorées précisées ici par teinte fabriquée. Ces spécifications reflètent des exigences de maintien de la teinte en lit de fusion (taux de fer et de chrome dans le verre incorporé, notamment).

VERRE VERT

Les fours de teinte « vert » peuvent accepter du verre mixte ou coloré.

VERRE FEUILLE MORTE

Les fours de teinte « Feuille morte » peuvent accepter :

- jusqu'à 50% de verre coloré (mixte) ;
- jusqu'à 25% de verre incolore (**% maxi de verre coloré : 5%**).

VERRE BRUN - JAUNE

Les fours de teinte « Brun - Jaune » peuvent accepter :

- jusqu'à 20% de verre coloré (mixte) ;
- jusqu'à 30% de verre incolore (**% maxi de verre coloré : 2%**).

VERRE BLANC

Les fours de teinte « Blanc » peuvent accepter :

- jusqu'à 10% de verre incolore (**% maxi de verre coloré : 0,5%**).

Le taux d'incorporation de 10% en production de verre « Blanc » a été retenu comme réaliste par la CSVMF, dans le cadre de cette étude. On notera qu'un abaissement du taux d'impuretés en particules colorées, de 0,5 à 0,2% par exemple, permettrait d'accroître fortement le taux d'incorporation du verre incolore dans la production de verre blanc. Cet abaissement entraînerait en contrepartie des surcoûts d'exploitation dans les centres de traitement (nécessité d'un 3^{ème} passage en tri optique et pertes de rendements de tri qui ne sont pas prises en compte dans le cadre de cette étude).

Enfin, en toute hypothèse, les fours de teinte « extra-Blanc » ne peuvent incorporer de verre en recyclage en raison des contraintes de maîtrise de la pureté de la teinte.

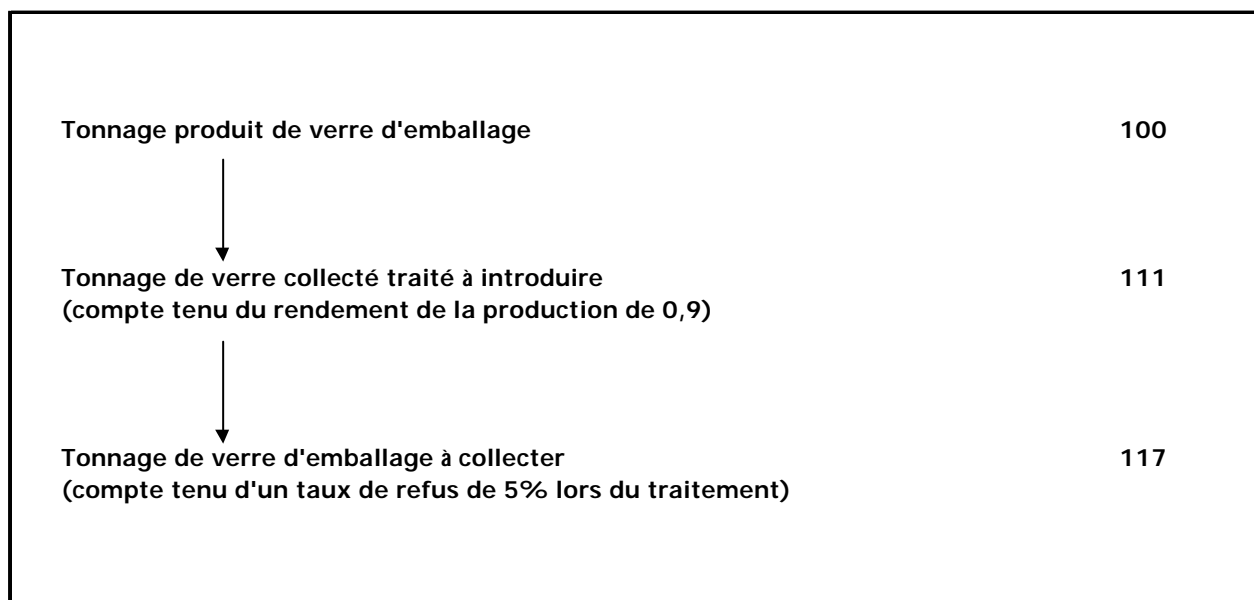
3. 3) Taux d'incorporation exprimés en % du poids de verre collecté

Le rendement des procédés verriers nécessite un approvisionnement de 1,11 tonne de verre d'emballage pour 1 tonne produite en sortie de four (rendement 0,9).

En amont, la préparation d'une tonne de verre d'emballage prêt à l'enfournement, nécessite de disposer d'1,05 tonne de collecte brute (taux de refus moyen lors du traitement de 5%).

Autrement exprimé, pour incorporer après rendements successifs 100 tonnes dans la composition du produit fini (sorti du four), il est nécessaire de collecter 117 tonnes de verre d'emballage.

Rapport entre le tonnage de verre d'emballage incorporé techniquement dans la production de verre d'emballage et le tonnage à collecter correspondant :



Taux techniques d'incorporation du verre d'emballage par teinte, exprimés en équivalent de verre collecté :

Verre d'emballage incorporé	Taux d'incorporation par teinte (en % du verre collecté)			
	Vert	Feuille morte	Brun-Jaune	Blanc
Verre mixte	93,6%	58,5%	23,4%	0%
Verre incolore	0%	29,3%	35,1%	11,7%

Sur ces bases, la capacité théorique d'incorporation de la collecte intérieure de verre d'emballage ainsi évaluée correspond à 70,8% de la consommation annuelle totale de verre d'emballage (61,6% pour le verre mixte et 9,2% pour le verre incolore).

3. 4) Niveaux actuels d'incorporation du verre d'emballage (2000)

En 2000, la collecte intérieure de verre d'emballage assurait plus de 85% des approvisionnements des usines verrières françaises en verre recyclé.

Répartition par origine des tonnages de verre recyclés dans les usines de production de verre d'emballage (2000) :

Origines	en kt/an	en %
Collecte intérieure directe	1 464	75,4%
Autres collectes	227	10,4%
S/total collecte intérieure	1 691	85,8%
Verre plat et importations	244	14,2%
Total	1 935	100%

Répartition par origine et type de flux en 2000 (verre mixte ou incolore) :

Origine / teinte	verre en mélange (mixte ou coloré)		Verre incolore		total	
Collecte intérieure	1 679 kt	90%	12 kt	15%	1 691 kt	87%
Verre plat et importations	176 kt	10%	68 kt	85%	244 kt	13%
Total	1 855 kt	100%	80 kt	100%	1 935 kt	100%

Les chiffres de la collecte sélective du verre d'emballage traduisent la réalité de collectes majoritairement réalisées en mélange.

Sachant que la population aujourd'hui desservie par le tri du verre à la source est proche de 1,7 million d'habitants (3% de la population métropolitaine), le ratio moyen de collecte de la fraction incolore est de l'ordre de 7 kg par habitant desservi et par an (année 2000).

Le verre d'emballage incolore provenant de la collecte intérieure représente en 2000 :

- 15% des approvisionnements des usines en verre incolore destiné au recyclage ;
- 0,6% des approvisionnements des usines en verre mixte ou incolore, destiné au recyclage.

La fraction incolore de la collecte intérieure de verre d'emballage (12 kt) correspond en 2000 à 3,9% des capacités théoriques d'incorporation de verre incolore par les usines de production de verre d'emballage (309 kt en 2000, cf. ci-après).

Chapitre 4. Adéquations entre les capacités théoriques d'incorporation et la collecte intérieure (2000-2006)

4. 1) Les capacités théoriques d'incorporation

L'évaluation est basée sur l'évolution prévisionnelle de la production de verre d'emballage par teinte et sur les taux théoriques d'incorporation par teinte (cf. chapitre 3). L'évolution de la production a été estimée sur la base d'un taux d'accroissement moyen annuel de + 1,5% par an, de 2000 à 2006 ; ce taux d'accroissement est uniformément appliqué à la production de chaque teinte (pas de modification sur cette période de la part relative des teintes). Les taux théoriques d'incorporation ne varient pas non plus sur cette durée.

Capacités théoriques d'incorporation par teinte en 2000 :

	Vert	Feuille morte	Brun-Jaune	Blanc	Ensemble
Verre mixte	1 757	296	33	-	2 086
Verre incolore	-	148	50	112	309
Capacité totale	1 757	444	83	112	2 395

Capacités théoriques d'incorporation par teinte en 2006 :

	Vert	Feuille morte	Brun-Jaune	Blanc	Ensemble
Verre mixte	1 920	324	36	-	2 280
Verre incolore	-	162	54	122	338
Capacité totale	1 920	486	91	122	2 618

Capacités théoriques d'incorporation de 2000 à 2006 :

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Verre mixte	2 086	2 117	2 149	2 181	2 214	2 247	2 280
Verre incolore	309	314	319	324	328	333	338
Capacité totale	2 395	2 431	2 468	2 505	2 542	2 581	2 618

4. 2) Limites d'incorporation de la collecte intérieure non triée (incorporation de verre mixte exclusivement)

L'objectif est ici d'étudier la capacité des usines de production de verre d'emballage à recycler la totalité des volumes de la collecte intérieure sur la période 2000 à 2006, en considérant les 2 hypothèses de travail précédemment exposées ; à savoir un taux de recyclage du gisement de verre d'emballage à l'échéance 2006 :

- soit de 60% ;
- soit de 70%.

4. 2. 1) Capacités d'incorporation de la collecte intérieure en verre mixte dans la perspective d'un taux de recyclage de 60% en 2006

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Collecte intérieure	1 691	1 771	1 854	1 942	2 034	2 131	2 230
Capacité verre mixte	2 086	2 117	2 149	2 181	2 214	2 247	2 280
Taux de saturation (*)	81%	84%	86%	89%	92%	95%	98%

(*) des capacités théoriques d'incorporation par la collecte intérieure.

4. 2. 2) Capacités d'incorporation de la collecte intérieure en verre mixte dans la perspective d'un taux de recyclage de 70% en 2006

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Collecte intérieure	1 691	1 815	1 950	2 095	2 252	2 421	2 600
Capacité verre mixte	2 086	2 117	2 149	2 181	2 214	2 247	2 280
Taux de saturation (*)	81%	86%	91%	96%	102%	108%	114%

(*) des capacités théoriques d'incorporation par la collecte intérieure.

1) Un objectif de taux de recyclage du gisement de verre d'emballage de 60% en 2006 peut se satisfaire, en théorie, des seules capacités d'incorporation du verre en mélange ; en se rapprochant néanmoins du taux de saturation des capacités d'incorporation du verre mixte (98%).

2) De fait les capacités d'incorporation du verre mixte (non trié) sont saturées pour un objectif de taux de recyclage de 61,6%.

3) Un objectif de taux de recyclage de 70% impose de rechercher des capacités additionnelles d'incorporation, en l'occurrence de verre incolore, au plus tard en 2003-2004.

4. 3) Besoins additionnels d'incorporation en verre incolore (après saturation des capacités en verre mixte)

4. 3. 1) Besoins additionnels en verre incolore dans la perspective d'un taux de recyclage de 60% en 2006

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Collecte intérieure	1 691	1 771	1 854	1 942	2 034	2 131	2 230
Capacité verre mixte	2 086	2 117	2 149	2 181	2 214	2 247	2 280
Besoin verre incolore	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0	< 0

Unité : kt/an

4. 3. 2) Besoins additionnels en verre incolore dans la perspective d'un taux de recyclage de 70% en 2006

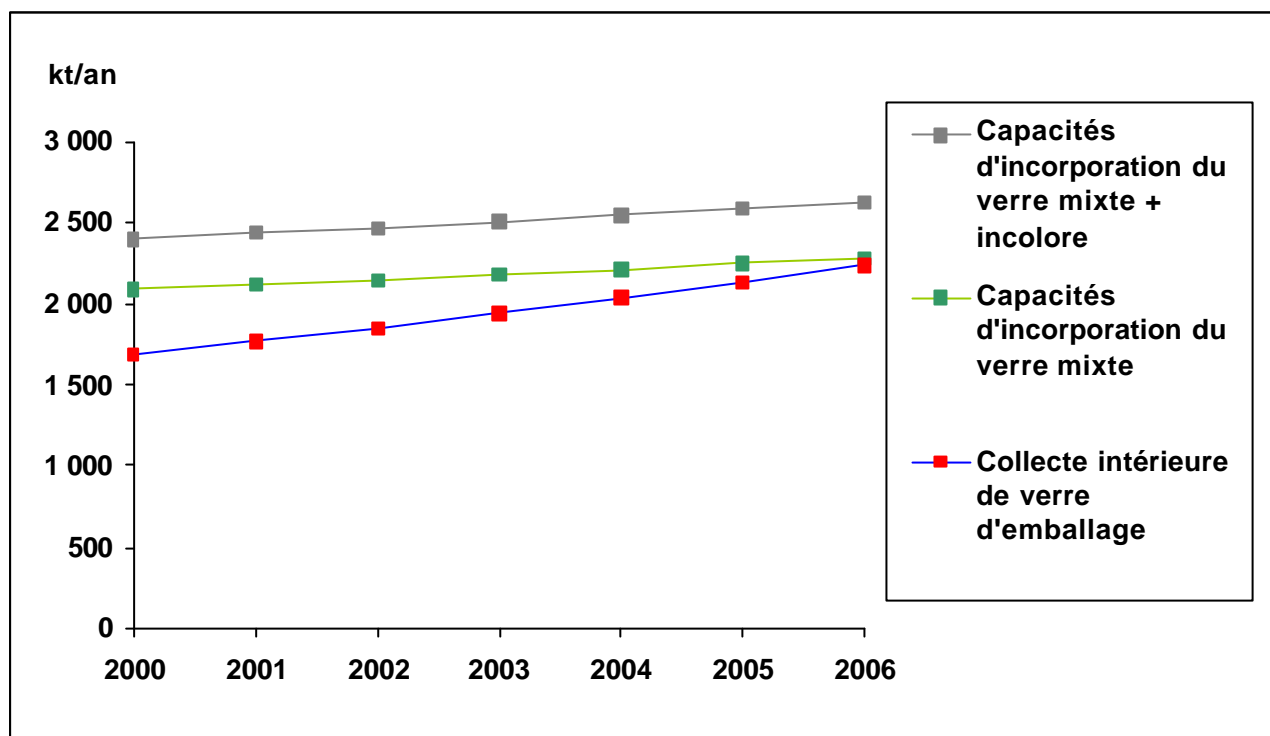
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Collecte intérieure	1 691	1 815	1 950	2 095	2 252	2 421	2 600
Capacité verre mixte	2 086	2 117	2 149	2 181	2 214	2 247	2 280
Besoin verre incolore	< 0	< 0	< 0	< 0	38	174	320

Unité : kt/an

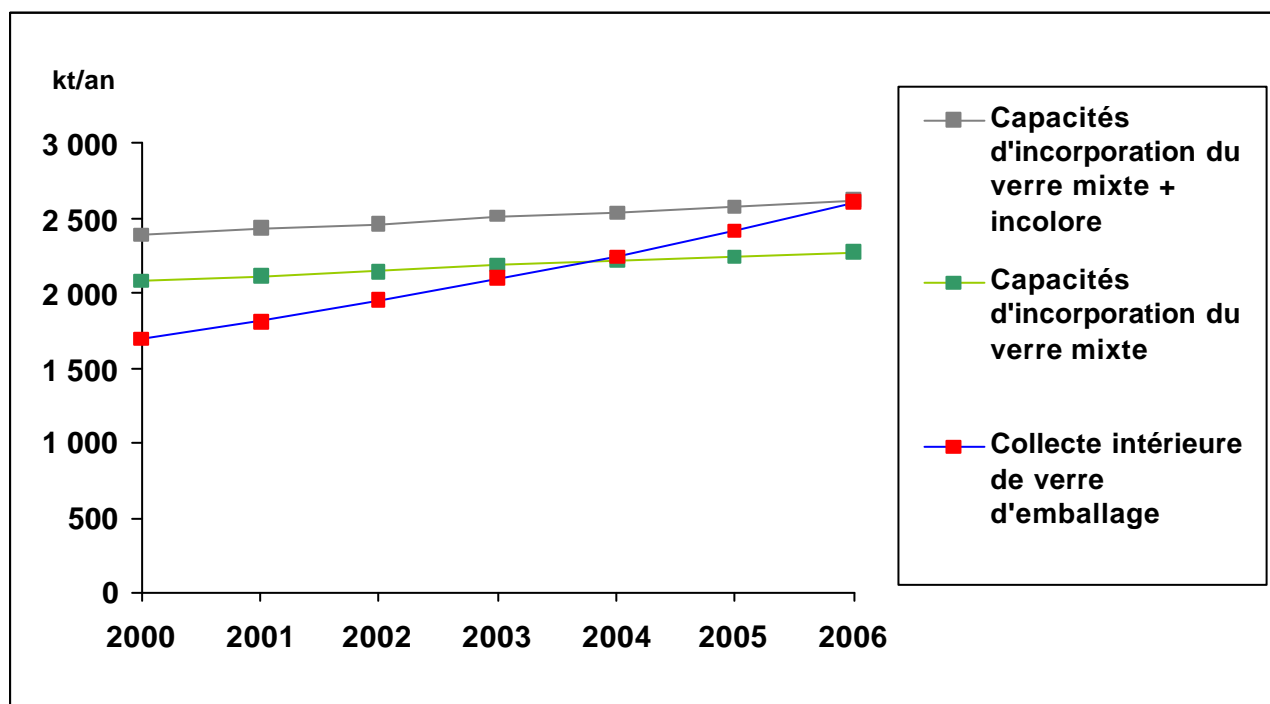
Dés lors que les capacités d'incorporation du verre mixte seront saturées (à court terme), l'objectif de recycler 70% du gisement en 2006 impose de rechercher des capacités additionnelles d'incorporation.

Evolutions comparées de la collecte intérieure et des capacités d'incorporation du verre en recyclage, selon l'objectif de taux de recyclage en 2006 :

1) pour un taux de recyclage de 60% :



2) pour un taux de recyclage de 70% :



4. 4) Besoins d'incorporation du verre incolore collecté en 2006 pour un objectif de recyclage de 70%

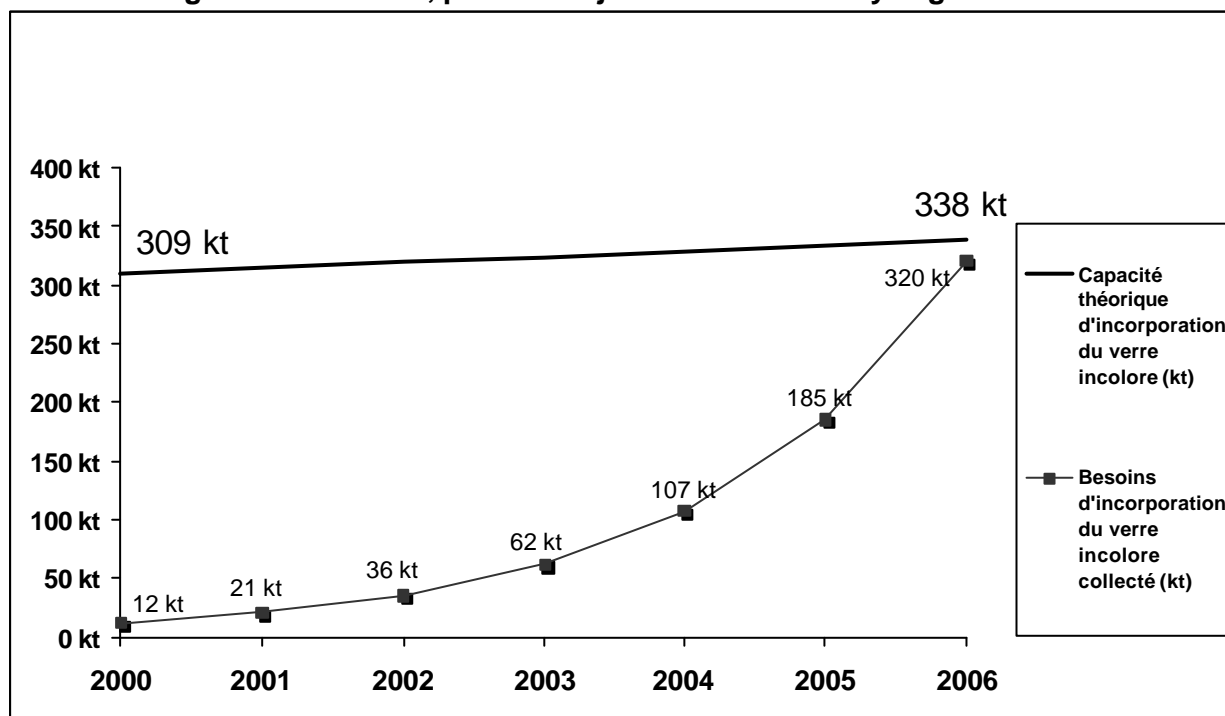
On se situe ici dans l'hypothèse d'un objectif de recyclage de 70% du verre d'emballage en 2006. Compte tenu de la saturation des capacités théoriques maximales d'incorporation de verre mixte, le tonnage de verre incolore collecté à incorporer dans la production de verre d'emballage serait de 320 kt en 2006 (soit un taux de saturation de 95% des capacités théoriques d'incorporation du verre incolore en 2006 ; ce taux étant de 3,9% en 2000).

Capacités d'incorporation de la collecte intérieure de verre d'emballage par teinte de 2000 à 2006, correspondant à un objectif de taux de recyclage de 70% en 2006 :

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Collecte intérieure	1 691	1 815	1 950	2 095	2 252	2 421	2 600
Capacité verre mixte	1 674	1 789	1 907	2 025	2 136	2 229	2 280
Besoin verre incolore	12	21	36	62	108	187	320

Unité : kt/an

Tonnage de verre incolore collecté incorporable dans la production de verre d'emballage de 2000 à 2006, pour un objectif de taux de recyclage de 70% en 2006 :

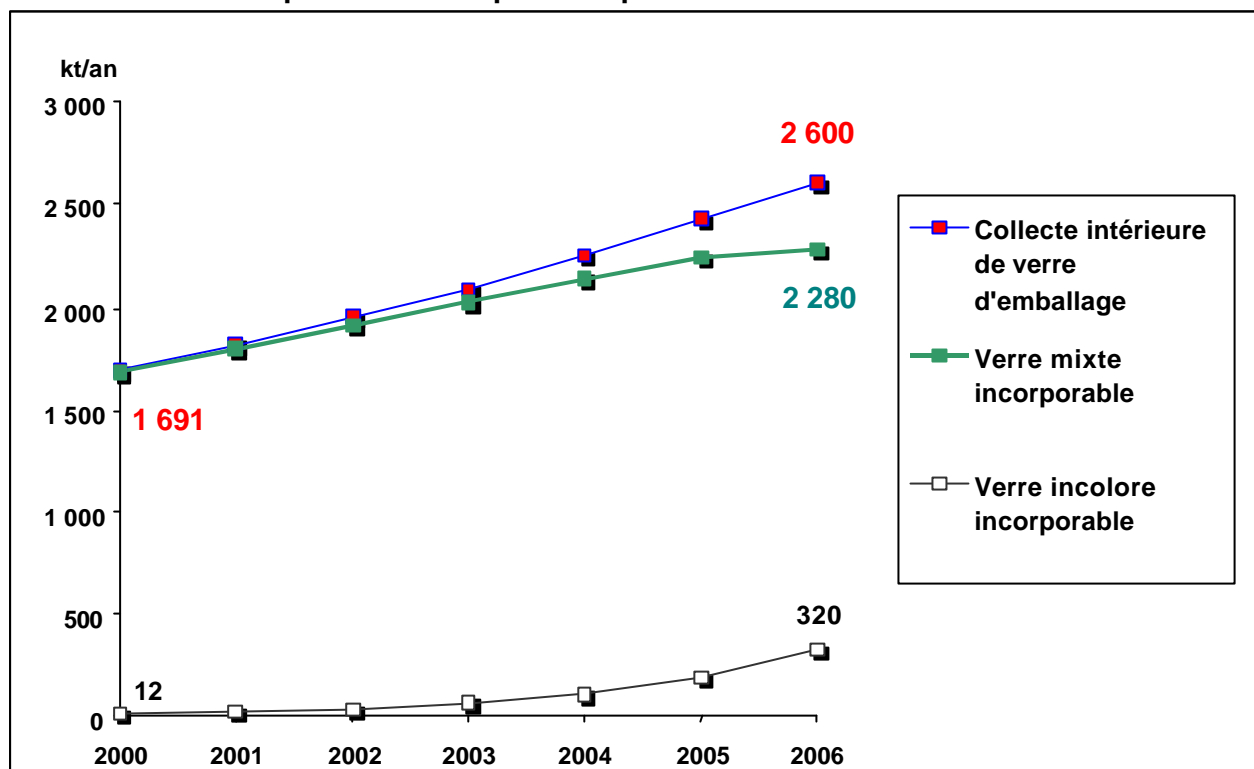


Evolution du taux de saturation des capacités d'incorporation du verre incolore, de 2000 à 2006 :

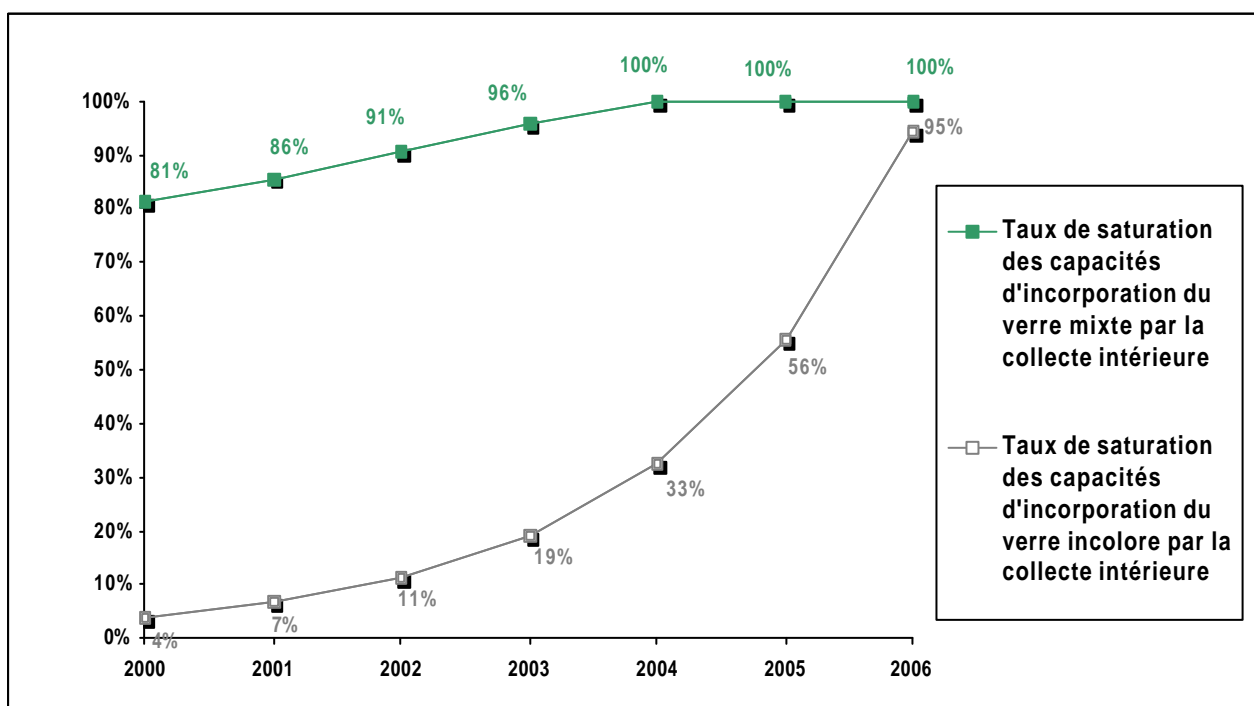
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Capacité verre incolore	309	314	319	324	328	333	338
Besoin verre incolore	12	21	36	62	107	185	320
Taux de saturation (*)	3,9%	6,6%	11,2%	19,2%	32,6%	55,6%	94,6%

(*) des capacités théoriques d'incorporation du verre incolore par la collecte intérieure.

Adéquation entre le volume de la collecte intérieure de verre d'emballage correspondant à un objectif de taux de recyclage de 70% en 2006 et les capacités d'incorporation par teinte de la collecte intérieure :



Taux de saturation des capacités théoriques d'incorporation du verre mixte + incolore, dans l'objectif d'un taux de recyclage de 70% en 2006 :



La saturation des capacités théoriques d'incorporation par la collecte intérieure de verre d'emballage conduit à réduire les possibilités d'incorporation de verre plat et de verre importé.

PARTIE II.

LA COLLECTE DU VERRE PAR COULEUR (TRI A LA SOURCE)

Chapitre 5.

Le tri à la source : les études de cas
concrets

Chapitre 6.

Evaluation des surcoûts du tri à la source

Chapitre 5. Le tri à la source : les études de cas concrets

A fin 2000, la population française desservie par le tri à la source du verre par couleur était de 1,7 millions d'habitants, pour un tonnage de verre incolore collecté de 12 kt/an. Afin de déterminer les incidences mesurables du passage au tri du verre par couleur sur des territoires concrets, des cas réels particulièrement significatifs ont été étudiés. Le choix des sites à étudier a été effectué conjointement par l'ADEME et Eco-Emballages. Ils se situent dans les départements ,28,38,71,72,73,77 et 93 .

5. 1) Méthode d'analyse des cas concrets

L'analyse de cas réels se heurte à 2 difficultés principales :

- ❑ la grande diversité des organisations possibles : modes de collecte, choix des contenants, de leur densité d'implantation et de leur affectation par fraction collectée, choix des fréquences de collecte, types de véhicule...
- ❑ l'hétérogénéité des contextes locaux : influence du type d'habitat, de la densité de population, de l'éloignement des centres de traitement...

Face à ces obstacles, l'étude des incidences du passage au tri du verre par couleur est conduite à l'aide d'une grille d'analyse permettant d'identifier, au travers d'indicateurs, les facteurs de performances et de coûts liés aux choix techniques et aux effets de contextes.

L'évaluation des cas concrets vise en effet à permettre de dresser l'état des lieux complet :

- ❑ des opérations étudiées ;
- ❑ des paramètres de variation (techniques, économiques) ;
- ❑ des performances des systèmes.

Cette évaluation est organisée de manière à restituer les schémas techniques et les performances afférentes ; pour ce faire, la grille d'analyse est organisée par type d'opération (communication, gestion des contenants, collecte proprement dite, transport).

Sur chacun des sites, les données recherchées ont été les suivantes :

1. Les caractéristiques de la collectivité (population, milieu, habitat).
2. Le passage au tri par couleur (motivations, choix techniques, montée en charge).
3. Les prestataires de la collecte et du traitement du verre (dénomination, localisation).
4. Les tonnages collectés par année (si possible, par mois), en distinguant les différentes fractions collectées, par mode de collecte (PAP / AV) et pour chaque type de fraction :
 - ❑ verre en mélange ;
 - ❑ verre coloré ;
 - ❑ verre incolore.
5. Les populations desservies correspondantes (par mode de collecte et type de fraction).
6. La gestion du parc des contenants (séparés, compartimentés) : nombre de contenants par modèle, capacité utile par contenant (le cas échéant, par compartiment), taux de remplissage, modalités de gestion du parc (mise en service, entretien, nettoyage).
7. La collecte : fréquences et modalités de vidage (fixe ou selon remplissage, etc.), distances parcourues, tonnage horaire ou/et nombre de points d'enlèvement par jour, dont temps de haut le pied, type et nombre de véhicules.
8. La destination des flux collectés (avec ou sans rupture de charge).
9. Les coûts globaux par opération (communication, gestion des contenants, collecte) et par poste (achats, coûts fixes et variables), modalités de facturation (au vidage, à la tonne...).
10. Les modalités et choix de gestion de la communication associée à la collecte du verre par couleur (plan de communication, supports, messages, communication de proximité).

Ces données ont été recherchées auprès des collectivités locales et le cas échéant, de leurs prestataires ⁽²⁾.

⁽²⁾ Cf. Annexe 5, « Etudes de cas ».

5. 2) Caractéristiques techniques et performances mesurées

Principales caractéristiques des cas concrets étudiés :

Collectivités	Trimestre de mise en service	Type de milieu	Nombre d'habitants	
			Total	Verre couleur
A	4T 1999	rural	38 825	34 554 (89%)
B	1T 2000	semi-rural	34 339	23 081 (67%)
C	3T 1999	semi-urbain	66 246	66 246 (100%)
D	1T 1996	semi-rural	26 035	26 035 (100%)
E	1T 2000	urbain	54 120	54 120 (100%)
F	3T 1996	semi-urbain	238 000	238 000 (100%)
G	4T 1999	semi-urbain	121 722	121 722 (100%)
H	3T 1998	semi-urbain	37 415	37 415 (100%)

Les études de cas portent majoritairement sur des sites dans lesquels la population est intégralement desservie par le tri à la source, à l'exception de 2 sites. A fin 2000, 601 173 habitants sur 616 702 (97,5%) sont desservis par le tri du verre par couleur.

5. 2. 1) Les choix techniques de collecte du verre par couleur

Le verre fait en partie ou exclusivement l'objet d'une **collecte par couleur en apport volontaire** dans la totalité des cas étudiés. Dans tous les cas, le verre fait l'objet d'une collecte distincte des autres emballages ménagers. Les choix d'options de tri en apport volontaire du verre par couleur se répartissent à parts égales entre **contenants séparés** (4 sites) et **contenants compartimentés** (4 sites). Dans 3 cas sur 8, l'apport volontaire est complété par une collecte au porte-à-porte, desservant la totalité ou une partie seulement de la population. Dans un cas unique, le verre fait l'objet d'une **collecte par couleur au porte-à-porte**, portant sur la partie urbaine du territoire desservi (10 000 habitants, soit 15% de la population totale de la collectivité considérée).

Les schémas techniques de collecte du verre par couleur (apport volontaire / PAP) :

Collectivités	APPORT VOLONTAIRE		PAP
	Contenants	Collecte	
A	Compartimentés	séparée	-
B	séparés	séparée	en mélange
C	séparés	séparée	par couleur
D	séparés	séparée	-
E	Compartimentés	simultanée	-
F	séparés	séparée	-
G	Compartimentés	simultanée	en mélange
H	Compartimentés	simultanée	-

5. 2. 2) Dotation en contenants et performances de collecte du verre

Sur tous les sites, le passage au tri du verre par couleur s'accompagne d'une **densification de l'implantation des points d'apport volontaire**. Pour l'année 2000, la densité d'implantation des contenants varie d'un point d'apport pour 270 à 1 150 habitants (550 habitants desservis par point d'apport en moyenne).

Dotation en contenants par fraction collectée en apport volontaire (2000) :

Collectivités	Nombre d'habitants par point d'apport volontaire	m3 / BAPV		
		Verre mixte	Verre incolore	% Incolore
A	270 habitants / PAV	3	1	25%
B	385 habitants / PAV	2,5	1,5	38%
C	385 habitants / PAV	4	2,5	38%
D	430 habitants / PAV	3	3	50%
E	500 habitants / PAV	2	1,25	38%
F	580 habitants / PAV	2,25	2,25	50%
G	850 habitants / PAV	2,3	1,2	34%
H	1 150 habitants / PAV	2,7	0,9	25%
MOYENNE	550 habitants / PAV	2,5	1,8	42%

Les choix d'affectation de volume par fraction collectée varient selon l'option de collecte. En collecte **séparée**, la dotation affectée au verre incolore représente en moyenne 45% de la dotation totale (de 38% à 50%). En collecte **compartmentée**, la dotation affectée au verre incolore représente en moyenne 30% de la dotation totale disponible (de 25% à 38%).

La performance par habitant variant en fonction de la densité d'implantation des contenants, mais également du type de milieu et du degré de maturité des programmes de collecte sélectives, il est difficile de comparer les performances respectives des deux options de tri à la source. De plus, pratiquement tous les types de milieux socio-géographiques sont représentés dans chaque option de collecte. Les résultats de la collecte **séparée** bénéficient de la forte antériorité de 2 sites passés au tri du verre par couleur en 1996 et de la présence dans l'échantillon de 2 autres cas caractérisés par une très forte densité d'implantation des points d'apport, en milieu semi-rural et semi-urbain. Les résultats de la collecte **compartmentée** sont à l'inverse pénalisés par la conjonction de facteurs de densité d'implantation et de type de milieu, dans 2 cas sur 4.

La collecte du verre au porte-à-porte concerne 3 sites uniquement. Sur un seul site, la collecte au porte-à-porte est réalisée par couleur en zone urbaine (10 000 habitants desservis). Sur ce site, la collecte au PAP existait avant le passage au tri du verre par couleur. Le tri par couleur au PAP a été mis en place en doublant les bacs de regroupement collectif. La dotation en contenants est de 9 l/hab/an pour le verre coloré et de 5 l/hab/an pour l'incolore.

Performances de collecte du verre par habitant (apport volontaire + porte-à-porte) :

Collectivités	Ratio de collecte (kg/hab/an)			
	Verre mixte	Verre coloré	Verre incolore	Total
A	4,9	31,3	11,4	42,9
B	10,9	27,5	4,5	32,4
C	-	24,8	11,8	36,6
D	-	30,7	7,5	38,2
E	7	11,9	2,4	21,3
F	-	16,8	8,0	24,8
G	33,6	4,6	0,6	38,8
H	-	8,0	2,3	10,3
MOYENNE	8,2	16,1	6,1	29,8

La part de verre incolore dans le verre trié par couleur varie de 11% à 33% d'une collectivité à une autre, avec une moyenne de 27,5%.

5. 2. 3) Taux de remplissage des contenants et tonnage horaire de collecte

Les interrelations entre capacités installées et fréquences de collecte expliquent le différentiel de taux de remplissage moyen des contenants, qui varie de 16% à 78% selon les cas étudiés (63% en moyenne consolidée des 8 cas concrets). **Le taux de remplissage des contenants par fraction collectée est presque dans tous les cas inférieur en ce qui concerne la fraction incolore.**

Le taux de remplissage des contenants en apport volontaire (2000) :

Collectivités	Verre mixte	Verre incolore	Ensemble
A	68%	75%	70%
B	44%	35%	41%
C	62%	42%	59%
D	71%	70%	71%
E	66%	21%	59%
F	66%	64%	65%
G	65%	16%	59%
H	78%	68%	76%
MOYENNE	65%	48%	63%

Quelle que soit l'option de tri à la source envisagée, le tonnage horaire de la fraction incolore est de manière générale inférieur à celui de la fraction colorée. En cas de collecte simultanée (3 cas), les ratios par fraction s'additionnent.

Le tonnage horaire de collecte du verre par couleur en apport volontaire (2000) :

Collectivités	Type de collecte	verre mixte	verre incolore	ensemble
A	séparée	1,2 t/h	1,2 t/h	1,2 t/h
B	séparée	1,4 t/h	1,0 t/h	1,3 t/h
C	séparée	1,4 t/h	0,6 t/h	1,2 t/h
D	séparée	1,6 t/h	1,6 t/h	1,6 t/h
E	Simultanée	2,9 t/h	0,7 t/h	3,6 t/h
F	Séparée	1,9 t/h	1,9 t/h	1,9 t/h
G	Simultanée	2,6 t/h	0,5 t/h	3,1 t/h
H	Simultanée	2,3 t/h	0,7 t/h	3 t/h
MOYENNE	-	1,2 t/h	2,1 t/h	2,2 t/h

Si l'on considère non plus la totalité des cas étudiés, mais uniquement les 5 cas pour lesquels la collecte est séparée en circuits distincts, le différentiel de tonnage horaire entre les 2 fractions est proche de 15%, soit :

- 1,75 t/h en moyenne pour la fraction colorée ;
- 1,5 t/h en moyenne pour la fraction incolore ;
- 1,65 t/h en moyenne consolidée (verre coloré + incolore).

5. 3) Mesure d'impact du tri par couleur sur les performances de collecte

5. 3. 1) Précautions d'interprétation

La plupart des cas concrets étudiés se trouvent en **phase de montée en charge**. En effet, sur 8 opérations étudiées, 2 seulement bénéficiaient en 2000 de plus de 2 ans d'antériorité.

Bien que le passage au tri du verre par couleur permette de cibler de manière spécifique le gisement de verre incolore, les études de cas concrets ne fournissent pas un historique statistique suffisamment homogène pour mesurer « toutes choses égales par ailleurs » l'incidence du passage au tri à la source sur les performances de collecte du verre, en raison notamment de la densification concomitante du nombre de points d'apport par habitant desservi.

5. 3. 2) Mesure des impacts

Les incidences mesurées de la collecte du verre par couleur sont les suivantes :

- le passage au tri du verre par couleur entraîne une augmentation des performances de collecte du verre par habitant desservi de 10 kg/hab/an, par rapport aux performances antérieures de collecte en mélange ;**
- la densité d'implantation des contenants est multipliée par 2,5 ;**
- le verre incolore représente en moyenne 27,5% du tonnage de verre collecté par teinte.**

Les résultats présentés ci-après sont agrégés : ils intègrent les collectes au porte-à-porte du verre mixte, la collecte au porte-à-porte par couleur ainsi que la collecte par couleur en apport volontaire.

A la différence du taux de variation des apports par habitant, le taux de croissance moyen annuel permet de tenir compte de l'année de passage au tri du verre par couleur, par rapport à l'année 2000. En variation annuelle moyenne, l'incidence conjuguée de la mise en place du tri du verre par couleur et des collectes au porte-à-porte (minoritaires) sur le niveau moyen d'apport par habitant est de + 24% par an.

Données consolidées, tous sites confondus

1) PERFORMANCES DE COLLECTE (APPORT VOLONTAIRE + PORTE A PORTE)

INDICATEURS	Dernière année avant tri par couleur	Performances 2000 (avec tri par couleur)			Dernière année avant tri par couleur / 2000	
	Ratio d'apport par habitant desservi (kg/hab/an)	Tonnages collectés	Nbre d'habitants desservis	Ratio d'apport par habitant desservi (kg/hab/an)	Taux de variation	Taux de variation moyen annuel
<i>Tonnage de verre mixte</i>		5 036	191 371	26,3		
<i>Tonnage de verre coloré</i>		9 664	601 173	16,1		
<i>Tonnage de verre incolore</i>		3 670	601 173	6,1		
<i>Tonnage trié par teinte</i>		13 334	601 173	22,2		
Ensemble	19,4	18 370	616 702	29,8	54%	24%

Part relative du verre incolore dans la totalité du verre collecté par teinte : 27,5%

2) DOTATION EN CONTENANTS (APPORT VOLONTAIRE)

Nbre total de points d'apport volontaire (PAV)	455 PAV	1 150 PAV	154%	59%
Nbre d'habitants par point d'apport	1 150 hab / PAV	550 hab / PAV	114%	46%
Dotation utile par habitant	3 litres/hab/an	8 litres/hab/an	164%	63%

Comparaison des performances, avant / avec tri à la source (apport volontaire + porte-à-porte)

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Mode de collecte du verre	PAP/AV	AV couleur	PAP + AV couleur	PAP couleur + AV couleur	AV couleur	AV couleur	AV couleur	PAP + AV couleur	AV couleur
Type de collecte du verre par couleur (Apport volontaire)	Type de contenants	compartimentés	séparés	séparés	séparés	compartimentés	séparés	compartimentés	compartimentés
	Type de collecte	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
Dotation en points d'apport par habitant (avant / avec Verre couleur)	avant verre couleur	300 hab	800 hab	1 100 hab	870 hab	1 800 hab	1 750 hab	1 600 hab	5 350 hab
	verre couleur année 2000	270 hab	385 hab	385 hab	430 hab	500 hab	580 hab	850 hab	1 150 hab
Dernière année mélange	année	1999	1999	1998	1996	1999	1996	1999	1998
Ratio de collecte par habitant	kg/hab/an	29,1	24,0	24,2	21,4	14,0	18,3	20,3	8,1
Dernière année couleur	année	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ratio de collecte par habitant	kg/hab/an	42,9	32,4	36,6	38,2	21,3	24,8	38,8	10,3
Ratio additionnel de collecte par habitant	kg/hab/an	+ 13,8	+ 8,4	+ 12,4	+ 16,8	+ 7,3	+ 6,5	+ 18,4	+ 2,2
Taux de croissance du ratio de collecte / habitant	Taux de variation	47%	35%	51%	79%	52%	35%	91%	28%
	TCMA	47%	35%	23%	16%	52%	8%	91%	13%

5. 4) Evaluation des coûts de collecte du verre par couleur

5. 4. 1) Méthode de calcul des coûts

Les coûts sont calculés de manière analytique pour chacun des sites, en kF/an et en F/t (hors TVA) pour l'année 2000.

Les coûts sont décomposés par fraction de verre collectée puis appliqués par consolidation à l'ensemble des tonnages de verre collectés en 2000.

Les informations fournies sont traitées par fraction collectée ; elles concernent notamment :

- les tonnages collectés et transportés ;
- la dotation en contenants (nombre, volume utile et montant d'achat des contenants) ;
- le niveau de service (entretien, gestion du remplissage des contenants) ;
- les fréquences hebdomadaires de collecte ;
- la durée moyenne des tournées (une tournée étant égale à une rotation) ;
- les types de véhicules de collecte (et la contenance des bennes).

Certaines variables sont traitées de manière référentielle, afin d'assurer l'homogénéité des règles de calcul d'un site à l'autre, notamment :

- densité du verre en t/m³ (selon le mode de collecte et les modalités de transport, avec ou sans rupture de charge) ;
- durée d'amortissement des contenants (7 ans) ;
- coût unitaire H.T de communication par point d'apport (200 F H.T) ;
- coût unitaire H.T d'entretien des contenants (7,5% du montant de l'investissement) ;
- coût horaire H.T par type de véhicule de collecte (280 F/h H.T pour un véhicule doté d'une benne simple et 350 F/h H.T pour un véhicule doté de 2 bennes⁽³⁾).

Densité référentielle du verre en fonction du mode de collecte et de transport :

	Apport volontaire	Porte-à-Porte
en contenants	0,33	0,33
en benne (sans rupture de charge)	0,4	0,7
en benne (après rupture de charge)	0,7	0,7

Unité : t/m³

Les coûts complets sont calculés pour l'année 2000, pour chacun des sites étudiés, à partir d'un cadre d'analyse commun, produit à partir des données fournies⁽⁴⁾.

Les collectivités enquêtées ne procèdent pas toutes à la détermination de leurs charges financières de collecte du verre. Elles ne connaissent pas toujours non plus le coût de la collecte du verre avant passage au tri à la source par couleur. En outre, le périmètre des prestations facturées d'un site à l'autre pour la collecte par couleur ne recouvre pas toujours les mêmes opérations (prise en compte ou non de l'entretien des contenants, coût de transport aval pris en compte dans le tarif de la collecte, etc.).

⁽³⁾ Cf. Annexe 7, Détail analytique des coûts horaires de collecte par type de véhicule.

⁽⁴⁾ Concernant le détail des coûts par site étudié, Cf. Annexe 5, « Etudes de cas : analyse des coûts ».

5. 4. 2) Structure des coûts de collecte du verre

Les **coûts complets d'exploitation** sont décomposés par poste :

1. Coûts de communication :
 - Supports écrits
 - Main d'œuvre (dont ambassadeurs du tri)
2. Coûts de gestion des contenants :
 - Coût unitaire d'achat des contenants (H.T)
 - Dotation annuelle à l'amortissement des contenants (hors frais financiers)
 - Entretien, mise en place et déplacement des contenants
3. Coûts de collecte (sur la base d'un coût horaire de 280 F/h H.T pour 1 camion grue et de 350 F/h H.T pour un camion + remorque)
4. Coûts de transport :
 - Reprise (chargement)
 - Transport

Les **coûts aidés** sont calculés en tenant compte de trois éléments :

1. Subventions à l'achat ou/et à la mise en place des contenants, versées par :
 - l'ADEME
 - Eco Emballages
 - Autres
2. Recette marchande
3. Soutien à la tonne triée :
 - par mode de collecte (PAP / AV) le cas échéant
 - par teinte (coloré / incolore) le cas échéant

A la différence des coûts complets, calculés sur la base de données fournies recentrées autour d'indicateurs techniques référentiels, les aides à l'achat des contenants sont traitées à partir des informations fournies par les collectivités.

Les recettes marchandes sont estimées égales à 150 F/t,

Les soutiens à la tonne sont calculés à partir du barème des sociétés agréées, selon :

- ❑ le mode de collecte (PAP / AV) ;
- ❑ des fractions collectées (verre mixte ou coloré / incolore) ;
- ❑ des performances par habitant et par an, par fraction collectée et mode de collecte.

Le verre collecté par couleur en apport volontaire est soutenu à hauteur du barème appliqué aux performances de collecte au porte-à-porte. Le barème « porte-à-porte » s'applique à la fraction incolore.

Les aides à la communication versées par Eco-Emballages ne sont pas prises en compte dans le calcul du coût aidé (ces aides étant versées sur la base du nombre d'habitants, et non par matériau trié).

Synthèse des coûts de collecte du verre (porte-à-porte + apport volontaire)

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Population totale	Nbre d'habitants desservis	38 825	34 339	66 246	26 035	54 120	238 000	121 722	37 415
Mode de collecte du verre	PAP / AV	AV couleur	PAP + AV couleur	PAP couleur + AV couleur	AV couleur	AV couleur	AV couleur	PAP + AV couleur	AV couleur
Type de collecte du verre par couleur (Apport volontaire)	Type de contenants	compartimentés	séparés	séparés	séparés	compartimentés	séparés	compartimentés	compartimentés
	Type de collecte	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
Performances de collecte par habitant desservi	Verre coloré + incolore	48,2 kg/hab/an	48,2 kg/hab/an	36,6 kg/hab/an	38 kg/hab/an	21,3 kg/hab/an	24,8 kg/hab/an	38,8 kg/hab/an	10,3 kg/hab/an
	dont Verre incolore	11,4 kg/hab/an	4,5 kg/hab/an	11,8 kg/hab/an	7,5 kg/hab/an	2,4 kg/hab/an	8,0 kg/hab/an	0,6 kg/hab/an	2,3 kg/hab/an
% Verre incolore / collecte par teinte	% Verre incolore	27%	14%	32%	20%	17%	32%	11%	23%
Coût complet de collecte du verre mixte + incolore (Tonnage total collecté, H.T)	Coût de communication	44 F/t	21 F/t	42 F/t	45 F/t	73 F/t	18 F/t	17 F/t	79 F/t
	Coût de gestion des contenants	149 F/t	234 F/t	152 F/t	192 F/t	196 F/t	234 F/t	435 F/t	100 F/t
	Coût de collecte	233 F/t	222 F/t	264 F/t	175 F/t	199 F/t	154 F/t	292 F/t	152 F/t
	Coût de transport	30 F/t	36 F/t	40 F/t	0 F/t	20 F/t	30 F/t	17 F/t	0 F/t
	Coût complet total (H.T)	456 F/t	513 F/t	498 F/t	412 F/t	488 F/t	437 F/t	761 F/t	331 F/t
Coût aidé de collecte du verre mixte + incolore (H.T)	Coût aidé F/t	182 F/t	187 F/t	213 F/t	64 F/t	198 F/t	137 F/t	279 F/t	109 F/t
	Coût aidé F/habitant	7,8 F/hab/an	6,1 F/hab/an	7,8 F/hab/an	2,4 F/hab/an	4,2 F/hab/an	3,4 F/hab/an	10,8 F/hab/an	1,1 F/hab/an

5. 5) Enseignements concernant la collecte du verre par couleur

Concernant la collecte du verre par couleur **au porte-à-porte**, les retours d'expérience sont limités, une seule opération portant sur 10 000 habitants desservis existant à ce jour.

Concernant la collecte du verre par couleur en **apport volontaire**, les performances et les coûts observés sont très variables entre collecte **séparée** et **compartimentée** et ne permettent pas aujourd'hui de conclusion possible quant à l'option de collecte à privilégier.

5. 5. 1) La communication

La collecte par couleur permet de mieux cibler le gisement additionnel que représentent les « pots et bocaux », par rapport à une communication traditionnellement axée sur les « bouteilles », les « pots et bocaux » étant constitués à 100% de verre incolore. La saturation des capacités d'incorporation du verre mixte peut constituer un argument complémentaire.

La communication traditionnelle (réunions publiques, guide de tri) nécessite d'être relayée par une signalétique explicite sur les contenants et alentours (points d'apport).

5. 5. 2) La gestion des contenants

Une densité d'implantation des contenants renforcée constitue un gage de performances de collecte améliorées ; les études de cas indiquent en effet que le ratio par habitant tend à augmenter avec la densité d'implantation des contenants.

La collecte **séparée** permet de matérialiser la séparation du flux de verre en 2 fractions mono-couleur en contenants distincts mais nécessite, sur un point d'apport donné, d'éviter toute saturation de l'un ou l'autre des contenants, afin de limiter les erreurs d'affectation par couleur, de la part des usagers.

Par rapport à la collecte en mélange, la collecte séparée génère des coûts d'investissement et d'entretien supplémentaires (2 colonnes à verre par point d'apport au lieu d'une seule). **Au moment de la mise en place de la collecte par couleur, une solution consiste à conserver le parc existant en l'affectant à la fraction colorée, ce qui permet de limiter les achats de colonnes à la fraction incolore, mais peut entraîner des difficultés d'identification du système de tri par les usagers.** Les surcoûts de collecte peuvent être limités, dans la mesure où la capacité des contenants affectés à la fraction incolore est au moins égale aux 2/3 de la capacité installée avant passage à la collecte du verre par couleur.

La collecte **compartimentée** permet de réduire l'emprise au sol des contenants, ce qui présente un avantage en habitat dense, au regard de contraintes d'implantation des points d'apport. En collecte compartimentée, le compartiment affecté à la fraction incolore est souvent cependant de volume réduit (par rapport à la collecte séparée). **Même si la collecte compartimentée permet de n'avoir qu'un seul conteneur par point d'apport, elle génère également des surcoûts d'achats des contenants car elle nécessite de systématiquement renouveler le parc des colonnes (investissements supplémentaires).** La faible capacité du compartiment affecté à la fraction incolore nécessite en outre le maintien des fréquences de collecte initiales (une capacité de collecte installée moins importante augmentant la fréquence des collectes).

Le taux de remplissage des contenants par fraction collectée est de manière générale inférieur en ce qui concerne la fraction incolore.

5. 5. 3) La collecte

Quel que soit le type de collecte envisagée, le tonnage horaire de la fraction incolore est de manière générale inférieur à celui de la fraction colorée.

La collecte **séparée** permet d'adapter les fréquences de collecte à la dotation en contenants mais nécessite une gestion en circuits de collecte distincts. La gestion des fréquences de collecte en fonction du rythme de remplissage des contenants permet d'éviter leur saturation, donc les erreurs de geste de tri (erreurs d'affectation par teinte). La collecte par couleur peut également conduire à ne vider que les contenants dont le taux de remplissage est supérieur, par exemple, à 50% (voire 30% en milieu rural).

La collecte **compartimentée** est le plus souvent réalisée de manière simultanée ; elle nécessite alors des équipements adaptés (benne compartimentée au prorata de la dotation en contenants par fraction collectée), avec pour conséquence d'augmenter le temps de vidage par point d'apport (dans ce cas, relevage de 2 compartiments au lieu d'un seul). Une solution consiste à procéder à une collecte en circuits distincts (collecte séparée, 1 circuit par compartiment) ; en milieu urbain notamment, en raison de faibles distances entre les points de collecte, cette option peut permettre de réduire la fréquence de ramassage des compartiments affectés au verre incolore et d'optimiser ainsi leur taux de remplissage.

La recherche des adéquations entre capacités installées et fréquences de collecte constitue un point central dans l'optimisation des moyens de collecte ; elle en détermine la performance technique (taux de captage du verre, dont fraction incolore) et économique (taux de charge des contenants et des tournées) : le taux de remplissage des contenants constitue une variable essentielle.

5. 5. 4) Le transport

Par rapport à la collecte du verre en mélange, le tri du verre par couleur peut entraîner des contraintes particulières d'exploitation. Dans le cas où la collecte ne connaît pas de rupture de charge, le verre est livré par fraction collectée au centre de traitement. Dans le cas d'une rupture de charge, il est nécessaire de scinder l'aire de stockage en 2 surfaces distinctes, dont les capacités respectives doivent être adaptées aux volumes stockés ainsi qu'au rythme des enlèvements.

Chapitre 6. Evaluation des surcoûts du tri à la source

La détermination des niveaux de surcoût du passage à la collecte du verre par couleur nécessite de construire, à partir des enseignements des études de cas et des retours d'expérience, un cadre d'analyse permettant la conduite d'une analyse de sensibilité des paramètres de variation des surcoûts et leur recentrage sur des cas types de référence.

La démarche est en effet conduite de manière à concilier :

1. les enseignements de l'approche empirique, s'appuyant sur la collection des cas concrets et un cadre d'analyse spécifiquement élaboré pour les besoins de l'étude :

- son avantage est de fournir des résultats en conditions réelles de fonctionnement;
- ses inconvénients résident d'une part dans la spécificité des cas étudiés, d'autre part dans le fait que **la plupart des opérations étudiées se trouvent en phase de "montée en charge"**, assortie de tâtonnements, ce qui peut se traduire par des écarts importants vis-à-vis de fonctionnements et/ou de rendements "en régime de croisière".

2. une approche en termes de « cas types » faisant abstraction des conditions réelles de fonctionnement et visant la réalisation de calculs théoriques ou de simulations :

- son intérêt est de fournir un standard de calcul, une recherche d'optimisation et un outil d'analyse et de mesure de sensibilité des résultats ;
- sa limite est de ne pas permettre de reproduire les conditions réelles d'exploitation, qui accusent souvent des écarts considérables vis-à-vis d'un optimum théorique.

6. 1) Hypothèses de travail et paramètres

Les cas théoriques envisagés correspondent à des schémas techniques de référence de la collecte du verre en **apport volontaire**.

L'évaluation des surcoûts du tri à la source est basée sur la décomposition des coûts d'exploitation entre les 2 principales opérations que sont la **gestion des contenants** et la **collecte** proprement dite.

La consolidation des surcoûts de gestion des contenants et de collecte permet de déterminer un **surcoût complet**, exprimé :

- par tonne de verre collectée (verre mixte + verre incolore) ;
- par tonne de verre incolore collectée.

Le surcoût aidé est calculé à partir d'un taux d'aide à l'achat des contenants de 50% et d'un soutien à la tonne triée de 28 F/t pour le verre mixte / coloré et de 61 F/t pour le verre incolore, conformément au barème à la performance en vigueur. La recette marchande de 150 F/t est également prise en compte, bien que neutralisée dans la mesure où elle s'applique indifféremment au verre mixte et au verre trié par couleur.

Dans le cadre de cette approche théorique, les coûts de transport en amont des centres de traitement ne sont pas pris en compte (en l'absence d'hypothèses concernant les distances de transport).

6. 1. 1) Les paramètres invariants selon les configurations

Les surcoûts sont calculés sur la base d'une performance de collecte du verre de 30 kg/habitant/an et d'une part relative de 27,5% de la fraction incolore collectée, quelle que soit la configuration envisagée pour la collecte du verre par couleur (collecte séparée ou compartimentée). Ces indicateurs correspondent aux ordres de grandeur dégagés de l'analyse des cas concrets.

Les tonnages collectés sont calculés en fonction des paramètres suivants :

- (1) Nombre d'habitants desservis (soit 100 000 habitants) ;
- (2) Nombre d'habitants desservis par point d'apport ;
- (3) Contenance utile par contenant (et par fraction collectée, le cas échéant) ;
- (4) Taux de remplissage moyen des contenants ;
- (5) Densité référentielle du verre en contenant : 0,33 t / m³ ;
- (6) Fréquence hebdomadaire de collecte, par fraction collectée le cas échéant.

Le taux de remplissage des contenants est le même, quel que soit le type de fraction collectée. La durée d'amortissement appliquée au montant des investissements en contenants est de 7 ans. Le coût unitaire d'entretien est fixé à 7,5% de l'investissement total en contenants. Les coûts de communication représentent 200 F H.T par point d'apport.

6. 1. 2) Les paramètres variables selon les configurations

Les investissements en contenants sont calculés en fonction du nombre de points d'apport et de montants unitaires d'achat variant en fonction du volume utile et du type de contenant (montants unitaires livraison en 1 point et marquage des colonnes inclus) :

- BAPV simple 4 m³ : 7 000 F H.T / BAPV
- BAPV simple 2 m³ : 5 200 F H.T / BAPV
- BAPV compartimentée 3 + 1 m³ (verre « coloré » + « incolore ») : 8 000 F H.T / BAPV

Le calcul des coûts de collecte est centré sur le jeu des principales variables que sont :

1. les fréquences hebdomadaires de collecte ;
2. le temps de Haut Le Pieds par contenant (tournées séparées / simultanées) ;
3. la durée d'une tournée et le rendement horaire afférent, calculé en fonction d'hypothèses de temps d'accès sur site et vidage, de temps de transit entre 2 points de collecte et d'un temps de Haut Le Pieds par contenant.

Les coûts de collecte sont déterminés pour 1 véhicule doté d'une grue et d'une benne d'une capacité utile de 35 m³, soit un coût horaire fixé à 280 F/h H.T (amortissement et frais de fonctionnement, inclus main d'œuvre, frais de gestion...) ; pour la collecte simultanée des conteneurs compartimentés, le coût horaire est augmenté de 15 F (compartimentation de la benne et installation d'un adaptateur pour préhension en simple crochet), soit 295 F/h H.T.

6. 1. 3) L'analyse de sensibilité des surcoûts du tri à la source

Une analyse de sensibilité approfondie a été conduite, portant sur l'ensemble des paramètres de variation des coûts de **gestion des contenants** et de **collecte** (volume des contenants affectés par fraction collectée, taux de remplissage des contenants, temps d'accès sur site et vidage par tournée, temps de Haut Le Pieds par BAPV, temps de transit entre 2 BAPV).

Le recentrage de l'analyse de sensibilité porte sur les paramètres de variation suivants :

1. taux de remplissage des contenants (65% et 70%) ⁽⁵⁾ ;
2. temps de transit entre 2 BAPV (5 ou 10 minutes).

Ces paramètres de variation sont appliqués à la collecte du verre en mélange et par couleur, tout en intégrant les principaux paramètres de variation afférents au tri par couleur, que sont :

1. le volume utile affecté par fraction collectée dans le cas de la collecte séparée ;
2. le temps de haut le pieds par BAPV dans le cas de la collecte compartimentée.

Dans chaque configuration, on détermine le coût **complet** et **aidé** de la collecte en mélange, puis le surcoût **complet** et **aidé** dans chaque configuration correspondante de tri à la source.

⁽⁵⁾ On considère ici que le taux de remplissage moyen des contenants est proche de 65% à 70%. Cet écart avec la moyenne des cas concrets qui est de 63% se justifie, en approche théorique, par la neutralisation des phénomènes de montée en charge.

Analyse de sensibilité des paramètres de variation des surcoûts de la collecte du verre par couleur, en fonction d'hypothèses de taux de remplissage des contenants et de temps de transit entre 2 BAPV

1) SURCOUT COMPLET (GESTION DES CONTENANTS + COLLECTE)

PARAMETRES	COLLECTE DU VERRE EN MELANGE	COLLECTE PAR COULEUR							
		COLLECTE SEPARÉE				COLLECTE COMPARTIMENTÉE			
Contenance par BAPV	4 m3	4 + 4 m3		4 + 2 m3		2,9 + 1,1 m3		2,9 + 1,1 m3	
Temps de HLP par BAPV	8 minutes	8 minutes		8 minutes		10 minutes		12 minutes	
Temps de transit entre 2 BAPV	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'
TAUX DE REMPLISSAGE 65%	189 F/t 216 F/t	+ 68 F/t	+ 68 F/t	+ 69 F/t	+ 77 F/t	+ 27 F/t	+ 29 F/t	+ 39 F/t	+ 40 F/t
TAUX DE REMPLISSAGE 70%	178 F/t 203 F/t	+ 62 F/t	+ 62 F/t	+ 64 F/t	+ 71 F/t	+ 25 F/t	+ 27 F/t	+ 36 F/t	+ 37 F/t
Coût complet en F/t collectée		Surcoût complet par tonne collectée (coloré+ incolore)							

2) SURCOUT AIDE (RECETTE MARCHANDE, AIDES A L'INVESTISSEMENT ET A LA TONNE TRIÉE DEDUITES)

PARAMETRES	COLLECTE DU VERRE EN MELANGE	COLLECTE PAR COULEUR							
		COLLECTE SEPARÉE				COLLECTE COMPARTIMENTÉE			
Contenance par BAPV	4 m3	4 + 4 m3		4 + 2 m3		2,9 + 1,1 m3		2,9 + 1,1 m3	
Temps de HLP par BAPV	8 minutes	8 minutes		8 minutes		10 minutes		12 minutes	
Temps de transit entre 2 BAPV	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'	5' 10'
TAUX DE REMPLISSAGE 65%		+ 36 F/t	+ 36 F/t	+ 43 F/t	+ 51 F/t	+ 15 F/t	+ 16 F/t	+ 26 F/t	+ 28 F/t
TAUX DE REMPLISSAGE 70%		+ 32 F/t	+ 32 F/t	+ 40 F/t	+ 47 F/t	+ 13 F/t	+ 15 F/t	+ 24 F/t	+ 25 F/t
		Surcoût aidé par tonne collectée (coloré+ incolore)							

6. 2) Structure et amplitude de variation des surcoûts du tri à la source

6. 2. 1) Les surcoûts complets

La collecte séparée

En collecte séparée, les surcoûts de gestion des contenants varient en fonction du volume affecté au contenant additionnel de collecte du verre incolore.

Dans le cas d'un volume affecté au verre incolore identique à celui du verre coloré, les surcoûts de gestion des contenants sont importants.

Dans le cas d'une situation de départ correspondant à des BAPV de 4m³, la dépense d'investissement en contenants est en effet multipliée par 2 et les coûts d'entretien également. Dans le cas d'un volume affecté au verre incolore inférieur de moitié à celui affecté au verre coloré (4 + 2 m³), la dépense d'investissement en contenants et d'entretien est multipliée par 1,75.

Les surcoûts de collecte varient en raison inverse des surcoûts de gestion des contenants. Dans le cas d'une collecte en 4 + 4 m³, le tonnage moyen collecté par BAPV est identique, quelle que soit la fraction considérée ; dans ce cas, la fréquence de collecte de la fraction incolore est faible et les surcoûts de collecte inexistant : la totalité du surcoût est alors imputable à la gestion des contenants. La prise en compte d'un temps de transit additionnel entre 2 points d'apport ne modifie pas les niveaux de surcoût.

Dans le cas d'une collecte portant sur des contenants de 4 + 2 m³, le tonnage moyen collecté par BAPV diminue pour ce qui concerne la fraction incolore, ce qui nécessite de recourir à une fréquence d'enlèvement plus élevée ; dans ce cas, le tonnage horaire de collecte diminue de 60% environ et le doublement du temps de transit entre 2 points d'apport génère une augmentation du surcoût total de l'ordre de 15%.

La collecte compartimentée

En collecte compartimentée, les surcoûts de gestion des contenants sont imputables à l'achat de colonnes à double ou triple compartiment. Dans le cas d'une situation de départ correspondant à des BAPV de 4m³, la dépense d'investissement en contenants augmente de 15% et les coûts d'entretien également.

Les surcoûts de collecte s'expliquent par un temps de Haut Le Pieds (HLP) par BAPV plus important en collecte simultanée, par rapport à la collecte en mélange. En effet, à nombre de points d'apport identique, les fréquences sont maintenues et le vidage de 2 à 3 compartiments au lieu d'un seul augmente le temps d'immobilisation des véhicules.

Une augmentation du temps de HLP par BAPV de 8 à 10 minutes (+25%) entraîne un surcoût de collecte de +15% ; une augmentation de 8 à 12 minutes (+50%) entraîne un surcoût de collecte de +25%. Le doublement du temps de transit entre 2 points d'apport génère un surcoût additionnel de collecte de 40%.

6. 2. 2) Les surcoûts aidés

L'intégration des aides à l'investissement à hauteur de 50% de l'investissement total en contenants et des soutiens à la tonne triée conformément au barème à la performance en vigueur génère une diminution du surcoût d'autant plus importante que l'investissement en contenants est élevé.

La prise en compte des aides à l'investissement et à la tonne triée permet de diminuer de plus de 50% le surcoût moyen du tri à la source du verre par couleur.

6. 3) Synthèse des niveaux de surcoût du tri à la source

Le recentrage de l'analyse de sensibilité sur des cas types permet de déterminer un surcoût référentiel de collecte du verre par couleur, par type d'option de collecte :

- séparée ;
- compartimentée.

Les surcoûts de référence n'ont aucun caractère normatif. Ils constituent des points de repère, correspondant à des organisations rationalisées. Leur utilité est de comparer des situations d'exploitation différenciées, afin de dégager des ordres de grandeur des surcoûts de la collecte du verre par couleur.

Les cas référentiels correspondent aux paramètres de variation suivants :

- taux de remplissage des contenants de 70% ;
- temps de transit de 5 minutes entre 2 BAPV ;
- collecte séparée en contenants de 4 + 2 m³ ;
- collecte compartimentée avec 12 minutes de Haut Le Pieds par BAPV.

Surcoût complet de la collecte du verre par couleur

OPTIONS DE COLLECTE	Surcoût rapporté à la totalité de la collecte	Surcoût rapporté à la fraction incolore collectée
Collecte séparée (cas référentiels)	+ 64 F/t	+ 233 F/t
Collecte compartimentée (cas référentiels)	+ 36 F/t	+ 131 F/t
Moyenne (cas référentiels)	+ 50 F/t	+ 182 F/t
Analyse de sensibilité	+ 25 à + 77 F/t	+ 90 à + 280 F/t

Surcoût aidé de la collecte du verre par couleur

OPTIONS DE COLLECTE	Surcoût rapporté à la totalité de la collecte	Surcoût rapporté à la fraction incolore collectée
Collecte séparée (cas référentiels)	+ 40 F/t	+ 144 F/t
Collecte compartimentée (cas référentiels)	+ 24 F/t	+ 88 F/t
Moyenne (cas référentiels)	+ 32 F/t	+ 116 F/t
Analyse de sensibilité	+ 13 à + 50 F/t	+ 50 à + 185 F/t

Paramètres de modélisation du surcoût de la collecte du verre par couleur (cas types) :

Nombre d'habitants par point d'apport	unités		
TOUTES COLLECTES	nbre hab/PAV	800	
Volume disponible par contenant		MELANGE / COLORE	INCOLORE
COLLECTE EN MELANGE	m3/BAPV	4	-
COLLECTE SEPARÉE	m3/BAPV	4	2
COLLECTE COMPARTIMENTÉE	m3/BAPV	2,9	1,1
Fréquences de collecte		MELANGE / COLORE	INCOLORE
COLLECTE EN MELANGE	Nbre vidages hebdo	0,5	-
COLLECTE SEPARÉE	Nbre vidages hebdo	0,4	0,3
COLLECTE COMPARTIMENTÉE	Nbre vidages hebdo	0,5	0,5
Taux de remplissage des contenants			
TOUTES COLLECTES	%	70%	
Densité du verre		MELANGE / COLORE	INCOLORE
EN CONTENANT (BAPV)	t/m3	0,33	0,33
EN BENNE DE COLLECTE (*)	t/m3	0,4	0,4
(*) sans rupture de charge			
Montant unitaire d'investissement par BAPV		MELANGE / COLORE	INCOLORE
COLLECTE EN MELANGE	kF/BAPV (H.T)	7	-
COLLECTE SEPARÉE	kF/BAPV (H.T)	7	5,2
COLLECTE COMPARTIMENTÉE	kF/BAPV (H.T)	8	
Durée d'amortissement par BAPV			
TOUTES COLLECTES	Nbre d'années	7	
Coût unitaire d'entretien par BAPV			
TOUTES COLLECTES	% montant investi	7,5%	
Coût unitaire de communication par point d'apport			
TOUTES COLLECTES	kF/PAV/an (H.T)	0,2	
Contenance utile par benne de collecte		MELANGE / COLORE	INCOLORE
BENNE SIMPLE	m3	35	35
BENNE COMPARTIMENTÉE	m3	25	10
Temps d'accès sur site et de vidage par tournée			
TOUTES COLLECTES	h / tournée	2	
Temps de Haut Le Pieds (HLP) par BAPV			
BAPV simple	minutes / BAPV	8	
BAPV compartimentée (collecte simultanée)	minutes / BAPV	12	
Temps de transit entre 2 BAPV			
TOUTES COLLECTES	minutes	5	
Coût horaire de collecte par benne		CAMION GRUE + BENNE 35 M3	
BENNE SIMPLE	F/h (H.T)	280	
BENNE COMPARTIMENTÉE	F/h (H.T)	295	

Base théorique de calcul du surcoût complet et aidé de la collecte du verre par couleur (cas référentiels en apport volontaire)

SCHEMA TECHNIQUE	unités	Cas 1	Cas 2		Cas 3	
		collecte en mélange	séparé (coloré)	séparé (incoloré)	compartimenté (coloré)	compartimenté (incoloré)
Population desservie	<i>Nbre habitants</i>	100 000	100 000		100 000	
Nbre d'habitants desservis par point d'apport	<i>Nbre habitants / PAV</i>	800	800		800	
Nombre de contenants en service	<i>Nbre BAPV</i>	125	125	125	125	
Volume disponible par contenant	<i>m3 / BAPV</i>	4	4	2	2,9	1,1
Fréquence de collecte hebdomadaire	<i>Nbre vidages/semaine</i>	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5
Nombre annuel de vidages par contenant	<i>Nbre vidages/an</i>	26	19	14	26	26
Taux moyen de remplissage des contenants	<i>%</i>	70%	70%	70%	70%	70%
Densité moyenne du verre en contenant	<i>t/m3</i>	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Tonnage moyen collecté par vidage	<i>t/vidage/BAPV</i>	0,92	0,92	0,46	0,67	0,25
Tonnage annuel collecté	<i>t/an</i>	3 000	2 175	825	2 175	825
Ratio de collecte par habitant desservi	<i>kg/hab/an</i>	30	22	8	22	8
Ratio consolidé (toutes fractions collectées)	<i>kg/hab/an</i>	30	30		30	
GESTION DES CONTENANTS						
Coût d'achat par contenant	<i>kF/BAPV (H.T)</i>	7	7	5,2	8	
Investissement total en contenants	<i>kF (H.T)</i>	875	875	649	1 000	
Durée d'amortissement	<i>années</i>	7	7	7	7	
Dotation annuelle amortissement des contenants	<i>kF/an (H.T)</i>	125	125	93	143	
Coût unitaire d'entretien par contenant	<i>% investissement BAPV</i>	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	
Coût annuel d'entretien	<i>kF/an (H.T)</i>	66	65	48	75	
Coût de communication par point d'apport	<i>kF/PAV (H.T)</i>	0,2	0,2		0,2	
Coût annuel de communication	<i>kF/an (H.T)</i>	25	25		25	
Coût de gestion des contenants par tonne collectée	<i>F/t (H.T)</i>	72	118		81	
COLLECTE						
Type de véhicule de collecte	<i>simple/compartimentée</i>	Benne simple	Benne simple	Benne simple	Benne compartimentée	
Contenance utile par benne de collecte	<i>m3/benne</i>	35	35	35	25	10
Densité moyenne du verre en benne	<i>t/m3</i>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tonnage maxi à collecter par tournée	<i>t / tournée</i>	14	14	14	14	
Temps d'accès sur site et vidage par tournée	<i>heure</i>	2	2	2	2	
Temps de transit entre 2 BAPV	<i>minutes</i>	5	5	5	5	
Temps de Haut Le Pieds par BAPV	<i>minutes HLP / BAPV</i>	8	8	8	12	
Tonnage horaire de collecte	<i>t/h</i>	2,6	2,6	1,6	2,2	
Coût horaire de collecte	<i>F/h. (H.T)</i>	280	280	280	295	
Coût de collecte par tonne collectée	<i>F/t (H.T)</i>	106	124		133	
COÛT COMPLET (GESTION DES CONTENANTS + COLLECTE)						
Coût complet par tonne de verre collectée	<i>F/t (H.T)</i>	178	242		214	
Surcoût complet par tonne de verre collectée	<i>F/t (H.T)</i>	-	64		36	
Surcoût complet par tonne de verre incoloré	<i>F/t (H.T)</i>	-	233		131	
SURCOUT AIDE (SURCOUT COMPLET - AIDES A L'INVESTISSEMENT ET A LA TONNE TRIÉE)						
Taux d'aide à l'investissement en contenants	<i>% investissement BAPV</i>	50%	50%		50%	
Soutien à la performance par tonne triée	<i>F/t triée</i>	28	28	61	28	61
Surcoût aidé par tonne de verre collectée	<i>F/t (H.T)</i>	-	40		24	
Surcoût aidé par tonne de verre incoloré	<i>F/t (H.T)</i>	-	144		88	

PARTIE III.

LE TRAITEMENT DU VERRE PAR COULEUR (EPURATION / DEMELANGE)

Chapitre 7.

Les technologies et les performances du traitement du verre par couleur

Chapitre 8.

Les retours d'expérience, en France et en Europe

Chapitre 9.

Evaluation des surcoûts du traitement du verre par couleur

Chapitre 7. Les technologies et les performances de traitement du verre par couleur

7. 1) Les options et les contraintes du traitement du verre par couleur

L'augmentation des tonnages de verre d'emballage collectés et l'arrivée à saturation des capacités de recyclage du verre mixte (coloré) à l'horizon 2003-2004 imposent d'étudier la possibilité d'introduire du verre incolore d'origine ménagère dans les fours produisant du verre de teinte :

- ❑ « Feuille morte » (bouteilles de type Bourgogne) ;
- ❑ « Brun – Jaune » (bouteilles) ;
- ❑ « Blanc » (ou « mi-blanc », par opposition à « extra-blanc »).

Techniquement, il s'agit d'obtenir un produit contenant :

- ❑ moins de 5% de teintes étrangères (production de verre « Feuille Morte ») ;
- ❑ moins de 2% de teintes étrangères (production de verre « Brun-Jaune ») ;
- ❑ moins de 0,5% de teintes étrangères (production de verre « Blanc »).

Deux options peuvent être envisagées :

- ❑ la collecte sélective par couleur qui produit un **verre brut contenant 10% environ de teintes étrangères** (vert, jaune, brun, etc.). Il convient alors de compléter ce pré-tri à la source **par épuration** en centre de traitement.
- ❑ la collecte reste inchangée (en mélange, toutes couleurs confondues) et le centre de traitement effectue la séparation des teintes. Dans ce cas, le verre ménager brut contient entre 20% et 30% de verre incolore (soit **28% en tant qu'hypothèse de travail**) et il convient de procéder au **démélange** en centre de traitement.

L'évaluation de l'efficacité technique respective de ces 2 options de traitement du verre par couleur fait l'objet du présent chapitre.

Les rendements quantitatifs du tri du verre par couleur en centre de traitement utilisés dans le cadre de cette étude correspondent à des performances empiriques, déterminées sur la base des retours d'expérience en conditions opérationnelles d'exploitation. Ils sont issus des entretiens conduits auprès des exploitants de centres de traitement, en France et en Europe.

L'évaluation des performances techniques respectives du traitement par couleur par option de tri intègre les niveaux de qualité requis par l'industrie verrière. En effet, les spécifications du verre incolore traité, notamment la teneur en impuretés colorées, mais également en impuretés minérales (infusibles), sont d'autant plus strictes que le taux d'incorporation du verre dans les fours est important. L'exigence de qualité du verre traité s'élève en effet avec l'accroissement des quantités de verre incorporées dans la production de verre d'emballage.

7. 2) Les spécifications techniques de traitement du verre

Les spécifications techniques du verre doivent être abordées :

- en **amont** du traitement (verre brut entrant) ;
- en **aval** du traitement (verre traité disponible).

7.2.1) Les spécifications techniques du verre brut (collecté)

La production de verre incolore, que ce soit par épuration ou par démelange, nécessite et suppose une qualité de verre brut collecté au moins équivalente à celle du verre brut traité en mélange, au regard des critères de qualité que sont la teneur en infusibles et la granulométrie.

La qualité du produit entrant s'apprécie au regard de 2 critères essentiels :

- la composition (% d'impuretés) ;
- la densité (liée à la granulométrie).

La norme fixée pour les impuretés dans le verre collecté est de 2% d'impuretés totales, soit 20 kg/tonne. Pour les infusibles, la limite est de 0,5%, soit 5 kg/tonne.

A titre d'exemple représentatif, la composition du verre brut par tranche granulométrique mesurée à l'entrée d'un important centre de traitement est la suivante :

Composition du verre brut par tranche de granulométrie :

Tranches de granulométrie	en % du verre brut entrant
0 – 10 mm	10 à 15%
10 – 40 mm	60 à 70%
> 40 mm	10 à 15%

Source : SAMIN (2001).

La fraction 0-10 mm représente 10% au minimum du verre brut collecté.

Les problèmes de qualité associés à une granulométrie trop faible sont le plus souvent imputables aux modes opérationnels, plutôt qu'aux schémas techniques ; en effet, les distances n'expliquent pas en soi les écarts de densité et de granulométrie : les problèmes rencontrés proviennent des modes opérationnels de manipulation du verre (« tassage » en benne de transport, aires de stockage non entretenues,...).

7. 2. 2) Les spécifications techniques du verre incolore produit (traité)

a) La teneur en impuretés minérales (infusibles)

Les prescriptions techniques de la filière verrière spécifient que le verre produit (traité) ne doit pas contenir plus de 100 g/t d'infusibles ⁽⁶⁾. Cette valeur contractuelle ne peut être dépassée car elle est associée à la qualité minimale exigée pour le verre en recyclage. La plupart des centres de traitement français atteignent néanmoins aujourd'hui la norme de 50 g/t et certains travaillent même à 35 g/t au lieu de 100 g/t.

Dans le cadre de cette étude, la valeur limite en impuretés minérales de 50 g/t constitue la valeur de référence pour le verre traité, sans distinction de teinte.

b) La granulométrie

La granulométrie requise pour le verre traité est 0-50 mm. La limitation à 50 mm est imposée pour éviter de détériorer les convoyeurs à bande par la manipulation de tessons trop gros qui, par coincement, pourraient déchirer les bandes.

Il existe également une limite inférieure, quantifiée par un taux maximal de fines (inférieures à 3,15 mm) dont le rôle est double :

1. limiter la réactivité chimique (moussage) lors de l'introduction dans le four, les fines ayant une surface spécifique importante et, par conséquent, un pouvoir réactif élevé ;
2. permettre un convoyage par bandes avec le moins possible de fines, sources de salissure et d'empoussièrement.

c) La teneur en particules colorées

Les parts relatives maximales de verre coloré dans le verre incolore traité sont déterminées par type d'application du verre incolore, au regard de contraintes de maîtrise de la teinte.

La teneur maximale en éléments colorés du verre incolore produit diffère en effet selon les teintes dans lesquelles le verre incolore est destiné à être incorporé.

Teneur maximale en particules colorées du verre incolore traité, en fonction des teintes incorporatrices du verre :

Teintes incorporatrices du verre incolore	Teneur maxi en particules colorées	
	en %	en ppm
Feuille Morte	5%	500 ppm
Brun-Jaune	2%	200 ppm
Blanc	0,5%	50 ppm

⁽⁶⁾ Les infusibles sont subdivisés en 2 catégories : les pierres et les autres impuretés minérales (céramiques, porcelaines). Les pierres proviennent de pollution des dépôts intermédiaires (gravillons, débris de roches, matériaux de démolition). Les autres impuretés minérales proviennent généralement des produits collectés eux-mêmes, les particuliers les associant, à tort, au verre (céramiques, poteries, porcelaines, faïences, etc.). Leur dénomination d'infusibles provient du fait qu'ils fondent difficilement dans le lit de fusion, générant des inclusions minérales préjudiciables à la résistance et à l'esthétique des bouteilles.

7. 3) Les technologies de traitement du verre par couleur

7. 3. 1) Les méthodes de traitement du verre

Les centres de traitement ont pour fonction essentielle d'épurer et de préparer le verre provenant des collectivités locales.

Le traitement du verre est constitué de deux fonctions principales :

1. l'élimination des contaminants (5% en moyenne des volumes entrants) ;
2. la réduction contrôlée de la granulométrie.

Pour ce faire, le traitement du verre repose traditionnellement sur six méthodes de tri principales :

1. le tri manuel ;
2. le criblage ;
3. l'aspiration ;
4. le concassage (broyage) ;
5. le déferrailage (métaux ferreux et non ferreux) ;
6. le **tri optique** des infusibles.

Le tri manuel permet d'éliminer les parties minérales grossières. Lors de la seconde étape, le verre est calibré ; l'intérêt de cette opération est d'enlever une grande partie du verre fin qui peut difficilement être trié. Le verre passe ensuite par un système d'aimantation qui retire les capsules métalliques, puis par des machines à courant de Foucault pour éliminer les particules métalliques non magnétiques. Une aspiration permet d'enlever les fractions légères restantes (papiers, plastiques, bouchons). Puis la granulométrie du verre est homogénéisée par une opération de broyage des éléments les plus grossiers, avant le passage en tri optique, très spécifique. Les machines de tri optique détectent les impuretés minérales en fonction d'un critère de transparence des particules. Un produit non transparent n'est pas considéré comme du verre et est éjecté.

Le tri optique des impuretés minérales est devenu indispensable pour assurer une teneur en infusibles compatible avec le cahier des charges de l'industrie verrière (contrainte de qualité du verre traité).

7. 3. 2) Le principe du traitement du verre par couleur

Les machines de tri optique sont constituées d'un alimentateur vibrant qui crée une monocouche. Les particules glissent ensuite sur un plan incliné au travers d'un système émetteur et récepteur photoélectrique. Si la lumière n'est plus captée correctement par le récepteur (le seuil étant réglable), un calculateur déclenche une électrovanne qui souffle la particule indésirable. La lumière utilisée est infrarouge ; des systèmes à caméra numérique se développent également ⁽⁷⁾.

Le principe de fonctionnement du tri par couleur est analogue à celui des machines de tri optique utilisées pour les impuretés minérales. Un lit de verre défile entre une série d'émetteurs et une série de récepteurs. Dans le cas du tri des infusibles, l'opacité des particules est mesurée : lorsque la particule est transparente comme le verre elle n'est pas éjectée ; dans le cas contraire la machine détecte l'impureté et elle l'éjecte. Le principe est identique pour le tri par couleur, avec une analyse par longueurs d'ondes qui détermine si le verre est coloré ou non. Puis, au moyen de buses d'éjections à air comprimé le flux de verre blanc et celui de verre de couleur sont séparés dans deux directions distinctes.

⁽⁷⁾ Les systèmes de caméras augmentent la fréquence d'horloge des systèmes, ce qui permet d'obtenir des points de détection plus nombreux pour les particules de très petite taille.

Le principe du tri optique consiste à aligner des machines en série (cascades). En fonction des constructeurs, les machines sont conçues pour traiter le verre en 2 ou 3 sorties distinctes.

Les machines en 3 sorties s'appliquent indifféremment au tri de la fraction mixte ou incolore, l'une des deux fractions de couleur faisant l'objet de la détection – éjection (la fraction minoritaire), l'autre étant le produit passant (la fraction majoritaire) :

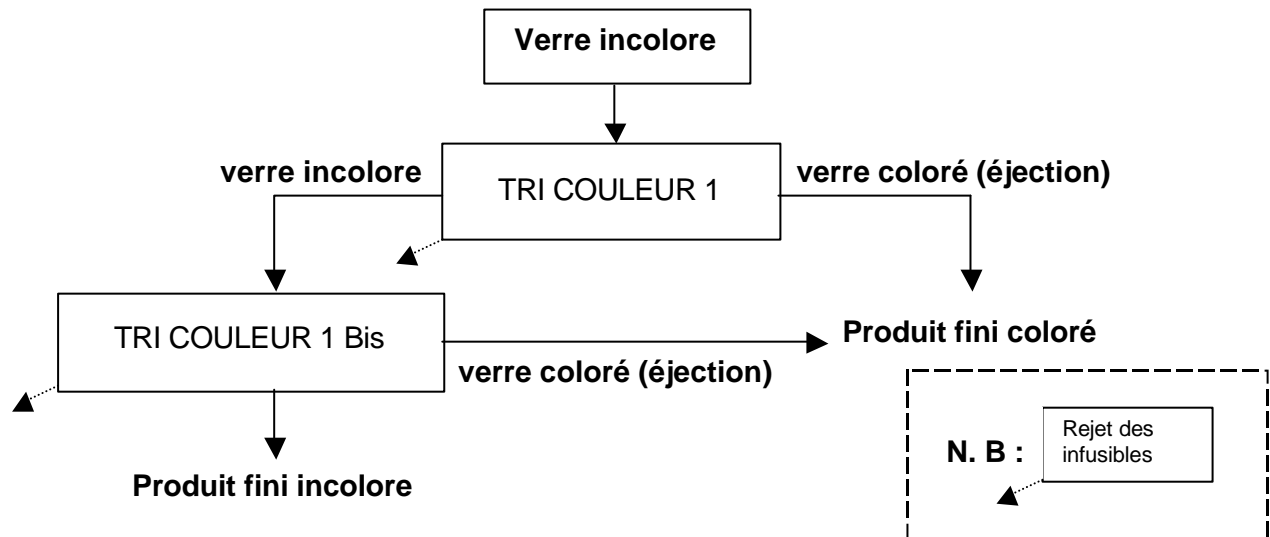
1. verre incolore ;
2. verre coloré ;
3. impuretés minérales (infusibles).

Les machines en 2 sorties nécessitent d'ajuster la fraction minoritaire (faisant l'objet de la détection-éjection) à la nature du produit passant, par exemple :

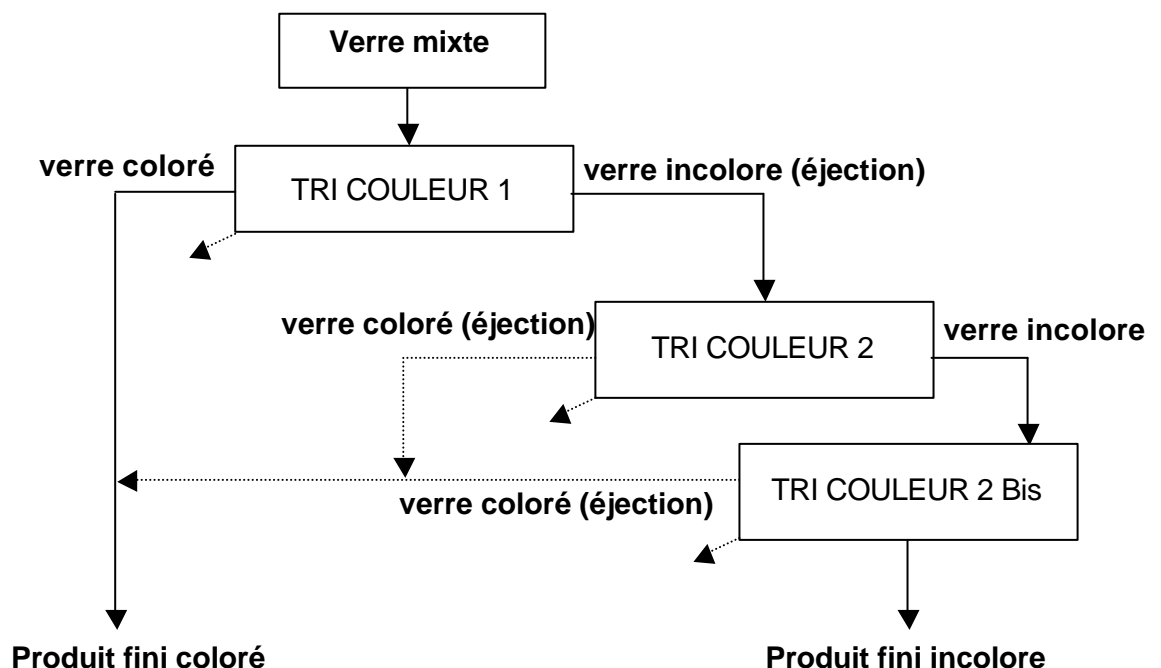
1. verre incolore ;
2. verre coloré + infusibles.

Schémas de principe du traitement du verre par couleur

1) Epuration de la fraction incolore



2) Démélange du verre mixte et épuration de la fraction incolore



7. 4) Détermination des performances du tri du verre par couleur

La détermination des performances du tri du verre par couleur est conduite pour chaque option de tri, au regard des retours d'expérience recueillis auprès des exploitants, en France et en Europe.

Les machines de tri optique n'échappent pas à la règle, elles ont des rendements et des rejets. En moyenne, pour une particule indésirable, 5 à 7 morceaux de verre sont éliminés : à chaque soufflage, la particule de contaminant est éjectée avec quelques particules voisines. Le froid et l'humidité entraînent des phénomènes de rétention des particules qui, bien que détectées, ne sont éjectées : une détection optique correcte n'empêche pas des erreurs d'éjection des particules (pertes de rendement)⁽⁸⁾.

L'efficacité des machines de tri optique dépend en grande partie de la stabilité granulométrique du produit passant ; en effet, les machines de tri optique ne sont pas opérationnelles pour un produit d'une granulométrie inférieure à 10 mm.

Les machines de tri optique par couleur sont :

- de grandes consommatrices d'air comprimé ;**
- sensibles aux conditions climatiques (humidité, pluie, froid...) ;**
- sensibles à la présence des particules fines qui réduit leur efficacité ;**
- limitées à un débit d'alimentation de 10 t/h ;**
- inopérantes sur la fraction de granulométrie inférieure à 10 mm.**

C'est pourquoi les performances opérationnelles de tri du verre par couleur peuvent s'écarter des valeurs annoncées par les équipementiers, du fait des contraintes :

- de conditions climatiques ;
- de granulométrie du produit brut.

Les indicateurs de performances sont de 2 ordres :

1. **quantitatifs**, déterminés à partir des rendements de tri optique du verre incolore par option de tri et exprimés par des taux de production du verre incolore ;
2. **qualitatifs**, exprimés en parts relatives d'impuretés minérales (infusibles) et de particules colorées dans la composition du verre incolore produit.

7. 4. 1) Les indicateurs de rendements quantitatifs du tri par couleur

Les performances de production du verre incolore sont déterminées au regard du type d'option de tri (épuration / démélange) et tiennent compte d'hypothèses de composition du verre brut (incolore / mixte).

Les performances respectives des options de tri (épuration / démélange) sont exprimés au moyen d'un taux de production du verre incolore, exprimant le rapport entre la quantité de verre incolore produite et la quantité totale de verre traitée par couleur, taux de refus lors du traitement non compris.

$$\frac{\text{Tonnage de verre incolore produit}}{\text{Tonnage de verre traité par couleur (refus lors du traitement non compris)}} = \text{Taux de production du verre incolore}$$

⁽⁸⁾ Les hypothèses de travail sont tirées des enseignements des essais conduits par les établissements SAMIN dans le cadre d'une convention R&D avec Eco-Emballages.

Les performances de production du verre incolore sont déterminées à partir du rendement quantitatif des machines de tri optique. En cohérence avec la définition du taux de production du verre incolore, les rendements quantitatifs sont appliqués à la totalité du flux passant en tri optique (raisonnement par les flux), que le verre incolore constitue :

- ❑ le produit passant (majoritaire) dans le cas de l'épuration ;
- ❑ le produit éjecté (minoritaire) dans le cas du démélange du verre mixte.

Les rendements de tri optique de la fraction incolore sont déterminés sur la base d'hypothèses référentielles de composition du verre brut traité par couleur, soit :

90% de verre incolore dans le verre brut incolore entrant (collecté par couleur)

28% de verre incolore dans le verre brut mixte (collecté en mélange)

7. 4. 2) Les rendements quantitatifs de l'épuration du verre incolore

Les résultats empiriques de la campagne d'évaluation de la composition des fractions incolores triées à la source menée conjointement par Eco-Emballages et l'industrie verrière indiquaient en 1997 une part de verre coloré comprise entre 7 à 12% du verre incolore brut collecté, imputable aux erreurs de tri des usagers ; selon les cas, cette part relative représente aujourd'hui 5 à 15% de la fraction incolore collectée.

Dans le cadre de cette étude, compte tenu de la montée en charge du tri à la source depuis les premières mesures effectuées, on retient en tant que valeur technique de référence une part de 10% de verre coloré dans la fraction « incolore » triée à la source.

Les rendements quantitatifs du traitement par couleur de la fraction incolore sont calculés en fonction des paramètres suivants :

- ❑ le taux de verre coloré dans le verre incolore brut collecté (soit 10%) ;
- ❑ la ventilation du verre brut entrant par ligne de granulométrie supérieure et inférieure à 10 mm, la fraction de granulométrie inférieure ne pouvant faire l'objet d'un tri optique ;
- ❑ les rendements de production du verre incolore, par série de tri optique, affectés à la fraction de granulométrie supérieure à 10 mm.

La fraction de granulométrie inférieure à 10 mm ne peut faire l'objet d'un tri par couleur. Son affectation dans le produit fini (coloré ou incolore) dépend des spécifications techniques du débouché du verre incolore (niveau de pureté requis).

Selon le niveau de qualité visé (taux d'impuretés colorées dans le verre incolore produit), la fraction 0-10 mm rejoint :

- ❑ la production de verre incolore, dans le cas où le verre incolore est destiné à être incorporé en production de teinte « Feuille Morte » ;
- ❑ la production de verre coloré, dans le cas où le verre incolore est destiné à être incorporé en production de teinte « Brun-Jaune » ou « Blanc ».

L'éjection des particules indésirables portant sur la fraction colorée (minoritaire), les rendements de tri optique expriment dans ce cas le rapport entre la quantité de verre incolore extraite et la quantité totale de verre incolore brute entrante.

Les rendements de tri optique s'appliquant à l'épuration du verre incolore sont les suivants :

- ❑ 95% pour la première série ;
- ❑ 90% pour la seconde.

Taux de production du verre incolore en épuration de la fraction incolore, correspondant à une teneur en impuretés colorées de 5% :

	< 10 mm	> 10 mm
% par fraction granulométrique	10%	90%
RENDEMENTS DE TRI OPTIQUE		
1 ^{er} passage en tri optique		
1 ^{ère} série	-	95%
2 ^{ème} série	-	90%
Rendements de tri par fraction	100%	85,5%
Taux de production du verre incolore	86,9%	

Taux de production du verre incolore en épuration de la fraction incolore, correspondant à une teneur en impuretés colorées de 2% ou de 0,5% :

	< 10 mm	> 10 mm
% par fraction granulométrique	10%	90%
RENDEMENTS DE TRI OPTIQUE		
1 ^{er} passage en tri optique		
1 ^{ère} série	-	95%
2 ^{ème} série	-	90%
Rendements de tri par fraction	0%	85,5%
Taux de production du verre incolore	76,9%	
RENDEMENTS DE TRI OPTIQUE		
2 ^{ème} passage en tri optique		
1 ^{ère} série	-	95%
2 ^{ème} série	-	90%
Rendements de tri par fraction	0%	85,5%
Taux de production du verre incolore	65,8%	

7. 4. 3) Les rendements quantitatifs du démélange du verre mixte

Selon les retours d'expérience disponibles, les collectes de verre en mélange comportent une part relative de verre incolore proche de 28% ⁽⁹⁾.

Les rendements quantitatifs du traitement par couleur du verre en mélange sont calculés en fonction des paramètres suivants :

- ❑ la part de verre incolore dans le verre mixte brut collecté (soit 28%) ;
- ❑ la ventilation du flux entrant par fraction de granulométrie supérieure et inférieure à 10 mm, la fraction de granulométrie inférieure ne faisant pas l'objet d'un tri optique ;
- ❑ les rendements de production du verre incolore, affectés à la fraction de granulométrie supérieure à 10 mm et calculés par série de tri optique et selon le nombre de passages nécessaires en épuration (après démélange pour extraction du verre incolore).

En démélange, la coupure par couleur est réalisée en un passage et la fraction de granulométrie inférieure à 10 mm rejoint le verre coloré.

Les rendements de tri pour l'extraction du verre incolore expriment dans ce cas le rapport entre la quantité de verre incolore extraite du verre mixte brut entrant et la quantité de verre mixte entrante traitée par couleur, refus lors du traitement non compris; ils portent sur la fraction incolore éjectée (minoritaire).

Les rendements de tri optique de la fraction incolore s'appliquant au démélange du verre mixte sont les suivants :

- ❑ 40% pour la première série ;
- ❑ 30% pour la seconde.

Taux de production du verre incolore en démélange :

	< 10 mm	> 10 mm
% par fraction granulométrique	10%	90%
RENDEMENTS DE TRI OPTIQUE		
1 ^{er} passage en tri optique		
1 ^{ère} série	-	40%
2 ^{ème} série	-	30%
Rendements de tri par fraction	0%	12%
Taux de production du verre incolore	10,8%	

⁽⁹⁾ Les caractérisations réalisées sur le verre mixte collecté en mélange indiquent une part de verre incolore de l'ordre de 28% (échantillonnage SAMIN sur 600 tonnes provenant de collectes en mélange). L'écart entre la composition du gisement ciblé (32% de verre incolore) et celle des collectes sélectives (28% de verre incolore) s'explique au moins en partie par la sédimentation dont font l'objet les pots et baux (qui représentent la moitié du gisement incolore ciblé).

La fraction incolore extraite du verre mixte nécessite ensuite d'être épurée, afin d'extraire de la fraction incolore les particules colorées et infusibles restantes ; cette épuration complémentaire nécessite 1 ou 2 passages en tri optique, selon le niveau de pureté du verre incolore à atteindre (type de débouché).

L'éjection des particules indésirables portant sur le verre coloré (minoritaire), les rendements de tri expriment dans ce cas le rapport entre la quantité de verre incolore produite et la quantité de verre mixte traitée par couleur, refus lors du traitement non compris.

Les rendements de tri optique s'appliquant à l'épuration du verre incolore sont les suivants :

- ❑ 95% pour la première série ;
- ❑ 90% pour la seconde.

**Taux de production du verre incolore en épuration après démixage,
selon le nombre de passages :**

	< 10 mm	> 10 mm
% verre incolore extrait du verre mixte	0%	10,8%
RENDEMENTS DE TRI OPTIQUE		
1 ^{er} passage en tri optique		
1 ^{ère} série	-	95%
2 ^{ème} série	-	90%
Rendements de tri par fraction	0%	85,5%
Taux de production du verre incolore	9,2%	
RENDEMENTS DE TRI OPTIQUE		
2 ^{ème} passage en tri optique		
1 ^{ère} série	-	95%
2 ^{ème} série	-	90%
Rendements de tri par fraction	0%	85,5%
Taux de production du verre incolore	7,9%	

7. 4. 4) Les rendements quantitatifs du tri par couleur, selon l'option de tri

Les performances quantitatives du tri du verre par couleur en centre de traitement sont exprimées ci-après en rapportant la quantité de verre incolore produite à la quantité totale de verre brut traité correspondant.

Taux de production du verre incolore, selon l'option de tri et le nombre de passages :

	Epuration	Démélange
1 ^{er} passage en tri optique	76,9% à 86,9%	8,6% à 9,2%
2 ^{ème} passage en tri optique	65,8%	7,9%

Comparaison des performances du traitement du verre par couleur, selon l'option de tri (sur la base de 10 tonnes entrantes) :

	Epuration	Démélange
Tonnage entrant (traité)	10 tonnes	10 tonnes
Taux de refus lors de traitement	5%	5%
Taux de production du verre incolore	65,8% à 86,9%	7,9% à 9,2%
Tonnage de verre incolore produit	6 à 8 tonnes	1 tonne

Ces performances correspondent à 1 ou 2 passages du verre incolore dans les équipements de tri optique. Dans le cadre de cette étude, seuls 2 passages en tri optique sont envisagés. Un 3^{ème} passage permettrait de produire un verre incolore contenant 0,2% de verre coloré ; l'abaissement du taux d'impuretés en particules colorées permettrait en effet d'accroître les capacités d'incorporation du verre incolore dans la production de verre blanc, entraînant en contrepartie des surcoûts d'exploitation dans les centres de traitement (nécessité d'un passage additionnel en tri optique et pertes de rendement afférentes).

7. 4. 5) Les rendements qualitatifs du tri par couleur, selon l'option de tri

Les indicateurs qualitatifs sont de 2 ordres :

1. le taux de particules colorées dans la composition du produit fini ;
2. le taux d'infusibles dans la composition du produit fini.

La composition du verre incolore produit (teneur en particules colorées et en impuretés minérales) est ici présentée pour chaque série de tri optique, selon l'option de tri et le nombre de passages.

Taux de verre coloré dans le verre incolore produit, selon l'option de tri :

	Epuration	Démélange
1 ^{er} passage en tri optique	2%	2 à 5%
2 ^{ème} passage en tri optique	0,5%	0,5 à 1%

Taux d'infusibles dans le verre incolore produit, selon l'option de tri :

	Epuration	Démélange
1 ^{er} passage en tri optique	50 à 100 g/t	50 à 100 g/t
2 ^{ème} passage en tri optique	20 à 50 g/t	20 à 50 g/t

Chapitre 8. Les retours d'expérience, en France et en Europe

8. 1) Les retours d'expérience en France

8. 1. 1) Les retours d'expérience sur l'épuration du verre incolore (France)

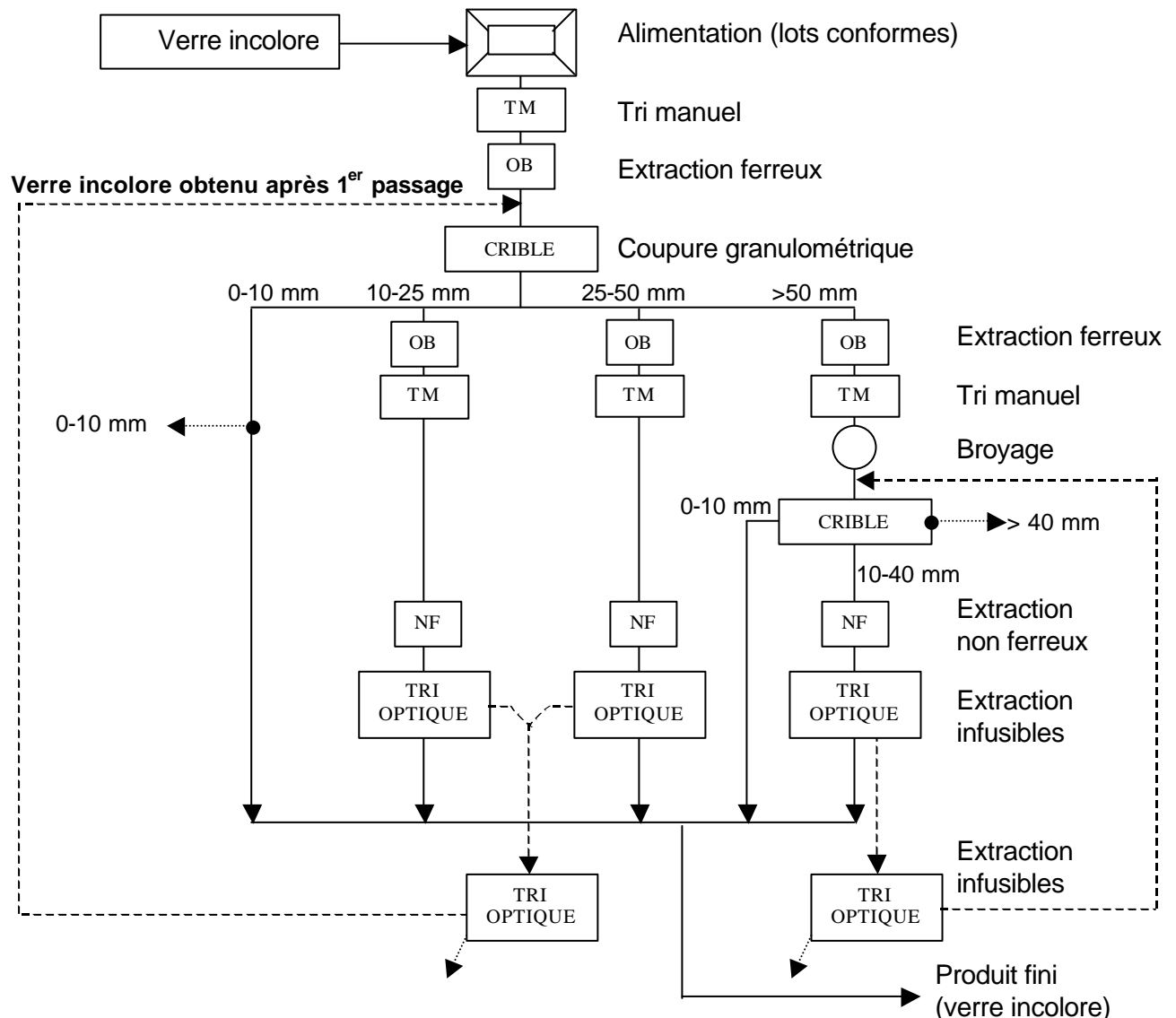
SAMIN

La capacité nominale du site de Rozet St Albin est de 300 000 t/an. Le tonnage total entrant en 2000 était de 240 000 tonnes pour une production finie de 230 000 tonnes.

L'investissement total mobilisé est de l'ordre de 45 MF. Le régime horaire en régime de croisière est 60 t/h (traitement du verre mixte).

Le site traite essentiellement du verre mixte (verre d'emballage collecté en mélange), mais également du verre d'emballage incolore, par campagnes de 50 à 100 tonnes (soit un tonnage annuel de 20 à 30 kt/an de verre incolore traité, contenant 10 à 20% de verre coloré).

Schéma technique de référence, appliqué au traitement de la fraction incolore :



Le traitement du verre incolore s'effectue en deux passages dans les installations de tri optique (retour au crible principal après première extraction des infusibles). Les machines de tri optique installées sont en effet essentiellement conçues pour l'extraction des impuretés minérales (infusibles). Elles ne permettent pas d'effectuer un tri du verre par couleur, qui est effectué manuellement.

Le débit horaire du tri de la fraction incolore séparée à la source diminue de moitié par rapport au régime de croisière de traitement du verre en mélange : il ne dépasse pas 30 t/h. En effet, la hauteur de couche sur convoyeurs est réduite pour permettre le tri manuel des impuretés minérales, bouteilles plastiques, etc., mais également des éléments colorés présents dans la fraction incolore. L'installation nécessite une équipe de 6 à 7 personnes par poste.

La réduction du débit horaire s'accompagne en outre d'importantes contraintes d'exploitation accrues, telles que :

- l'attention portée par le personnel de tri (pénibilité due à l'attention portée aux infusibles, mais également aux tessons de verre coloré) ;
- la nécessité de stopper la production pour procéder à la vidange des équipements (trémies, convoyeurs...), préalablement à chaque campagne de tri du verre incolore, afin de maîtriser la qualité du verre incolore produit (teneur en infusibles et particules de verre coloré).

Le premier passage permet de récupérer 85% du flux incolore entrant, le verre incolore contenant 22% de verre coloré. Le taux de production du verre incolore est de 66% au second passage, pour la production d'un verre incolore contenant moins de 1% de particules colorées. Le recours à un second passage présente l'inconvénient d'entraîner des phénomènes de réduction de la granulométrie de la fraction incolore.

8. 1. 2) Les retours d'expérience sur le démélange du verre mixte (France)

SAMIN

Les Etablissements SAMIN ont réalisé des essais en 1996 sur le tri par couleur d'un flux de verre mixte collecté en mélange, comportant une part de verre incolore de 25% à 30% (28% en moyenne). Les essais ont été conduits sur la première génération de machines BINDER BWG (« Braun Weiss Grün », « brun, blanc, vert »).

Compte tenu des performances de cette première génération de machines, 3 étages successifs de tri étaient nécessaires pour obtenir un verre incolore contenant moins de 1% d'impuretés couleur ; par ailleurs, les recyclages des rejets des machines de niveau 2 et 3 ont été envisagés pour augmenter les taux de production. Il apparaissait en 1996 que si le traitement du verre mixte est techniquement possible jusqu'à une épuration de l'ordre de 99% du verre incolore, il requiert dans ce cas un investissement élevé (3 passages successifs) , alors que deux passages permettent d'atteindre une pureté de l'ordre de 95%.

Les essais de 1996 ont montré que le principal facteur de non qualité du produit fini était la présence de verre dans la tranche granulométrique 0-10 mm car les machines de tri optique ne sont pas réglées sur cette granulométrie. On peut de plus noter que par grand froid, les particules de verre de la tranche 0-10 mm viennent se coller sur les morceaux de verre plus gros et perturbent ainsi leur tri optique. Les mesures, effectuées sur l'ensemble du parcours du verre, montrent que le taux de 0-10 mm augmente de 25% lors de chaque manutention du produit. Il y a donc une perte de rendement de près de 70% du produit ; en prenant en compte les 30% de tranche 0-10 mm produit par le tri optique en 3 passages, ce sont près de 80% de produit incolore qui n'est pas récupéré par le tri par couleur (taux de production du verre incolore de l'ordre de 20%).

Le surcoût du démélange calculé en 2000 par les établissements SAMIN est de l'ordre de +45 F/t (surcoût théorique rapporté à un tonnage total annuel traité de 200 000 t/an) pour produire un verre incolore contenant moins de 1% de verre coloré. Pour un investissement initial mobilisé de 45 MF (traitement du verre mixte sur 4 lignes granulométriques et machines de tri optique des infusibles), l'investissement additionnel serait de l'ordre de 20 MF, soit 65 MF au total. Le surcoût en consommation électrique associé au démélange et à l'épuration du verre incolore est estimé +5 F/t et le surcoût associé à l'entretien et aux consommables de +2 F/t.

OSG

Une seule unité industrielle française* en service depuis 1999 travaille sur des flux collectés en mélange pour en extraire la fraction incolore. En raison des difficultés du tri optique par couleur appliqué aux particules de fine granulométrie, l'installation a été conçue pour traiter des bouteilles entières (ou demi-bouteilles). Suite aux différentes ruptures de charge que subit la collecte de verre ménager, les multiples manutentions cassent les bouteilles, qui ne peuvent pas être triées par le process (d'où un potentiel de bouteilles entières plus faible que prévu).

Des modifications sont de plus nécessaires pour réduire la casse des bouteilles entières pendant le cycle de manutention du verre. Le faible taux de bouteilles entières ne permet pas d'obtenir un rendement de 9 t/h mais seulement de 0,8 t/h (3 t/h sur un flux comportant un taux élevé de bouteilles entières, contre moins de 0,2 t/h sur un flux ayant subit des ruptures de charge). La production de verre incolore s'établit aux alentours de 100 t/mois, pour 5 000 tonnes mensuelles entrantes (**soit un taux de production du verre incolore de 2%**). La qualité du produit trié est conforme aux spécifications techniques d'incorporation du verre incolore.

**Une autre unité devrait être opérationnelle en 2002 chez le traiteur SOLOVER (42). Elle développe une autre technologie.*

8. 2) Les retours d'expérience en Europe

Appliqué à l'heure actuelle sur un nombre restreint d'installations en France et en Europe, le tri par couleur sur une fraction mélangée n'est pas encore véritablement opérationnel. Le tri optique est pour l'instant très majoritairement utilisé pour affiner les fractions incolores triées à la source.

8. 2. 1) Les retours d'expérience sur le démélange du verre mixte (Europe)

Le traitement du verre en mélange pour en extraire la fraction incolore n'est pas pratiqué en Europe, excepté sur quelques installations procédant au démélange sur une partie seulement des flux traités.

RHENUS (visite du 8/08 2001 à Essen, Allemagne. Interlocuteur : Mr Michael VIEFERS)

Mise en service à la fin de l'année 1999, l'installation des Etablissements RHENUS est située à Essen (Rhénanie du Nord - Westphalie).

D'une capacité nominale de 150 000 t/an, cette installation est initialement dédiée au tri du verre incolore. Le montant total de l'investissement mobilisé est de 35 MF, pour une capacité nominale de 180 000 t/an. Le tonnage annuel traité est proche de 120 000 t/an. La capacité horaire de l'installation est de 30 t/h (fonctionnement journalier en 3 postes de 8 heures).

Après alimentation, le flux est criblé en deux lignes de granulométrie, supérieure et inférieure à 80 mm. Sur la ligne supérieure à 80 mm, les plastiques sont aspirés puis le flux de verre est broyé. Le produit obtenu est déferrailé puis criblé en 4 lignes de granulométrie.

Ventilation des flux traités par tranche de granulométrie (après criblage) :

Tranches de granulométrie	en % des flux traités
< 5 mm	10%
de 5 à 10 mm	30%
de 10 à 20 mm	30%
> 20 mm	30%

Deux séries de machines de tri optique sont installées sur les 3 tranches de granulométrie supérieures à 5 mm. Entre elles sont disposées à machines à courant de Foucault (extraction des métaux non ferreux).

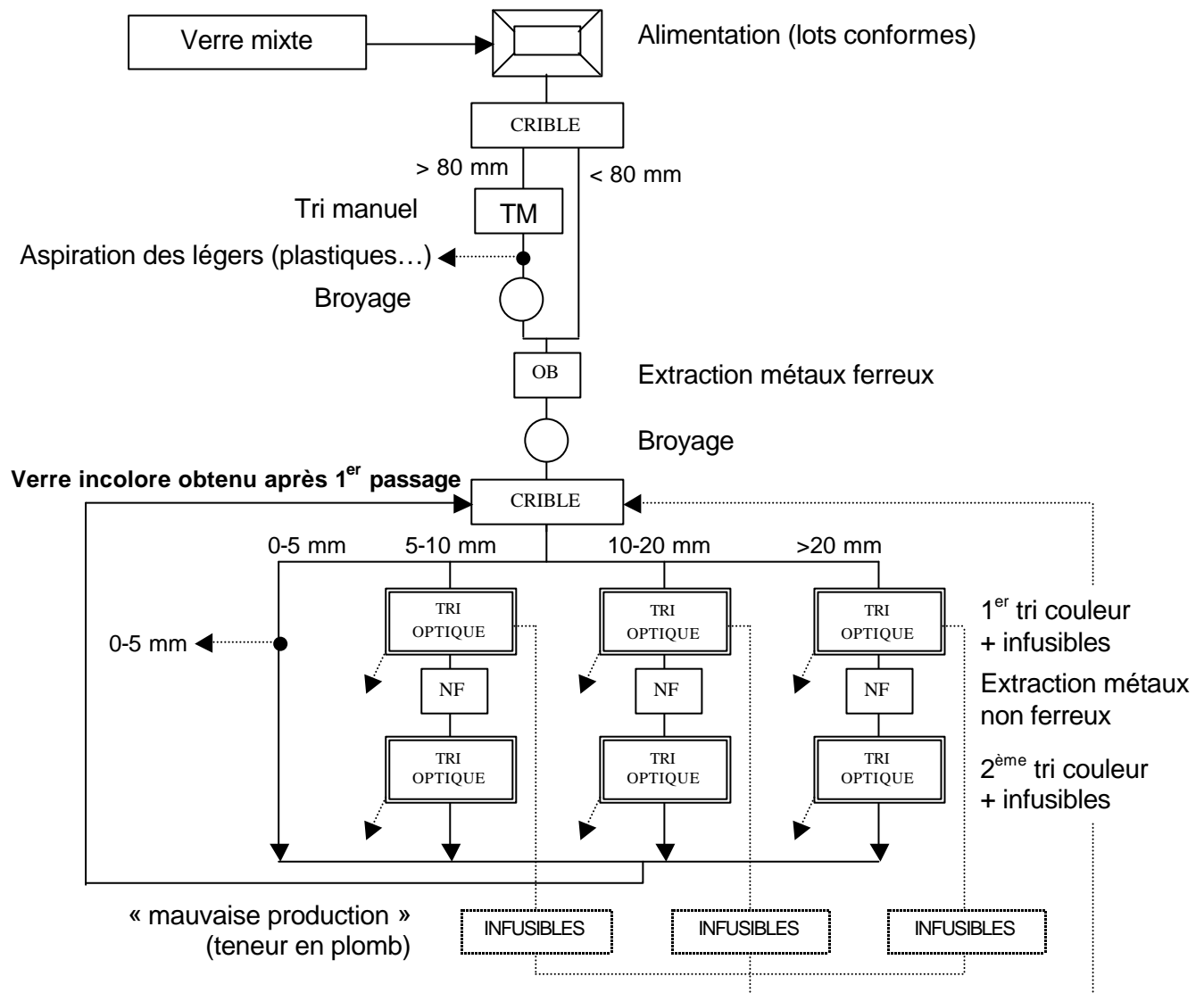
La première série de tri optique sert également à éjecter la « mauvaise production », c'est à dire le verre traité comportant une trop forte teneur en plomb (3% environ des flux entrants). Cette production est affinée (extraction des infusibles) puis rejoint la circulation des flux au niveau du crible principal (séparation en 4 fractions).

Le verre traité en mélange provient des Pays Bas (proximité géographique). La quantité annuelle de verre en mélange traitée par couleur est de l'ordre de 20 000 t/an (soit 1/5 du tonnage annuel total traité annuellement sur cette installation). **La part du verre incolore dans le verre en mélange est de l'ordre de 45%** (soit 55% de verre coloré).

La fraction 05 mm est rejetée dans la fraction colorée. Le verre mixte de granulométrie supérieure à 5 mm est traité en 2 étapes : le premier passage est affecté à la séparation des couleurs (verre coloré / incolore) et porte sur les 3 fractions supérieures à 5 mm ; le second passage permet l'épuration du verre incolore issu de la séparation par couleur ainsi que le rejet des impuretés minérales (infusibles) sur les deux fractions (colorée / incolore).

Concernant le verre coloré issu de la séparation par démélange du verre mixte, le second passage porte uniquement sur l'éjection des infusibles. Concernant la fraction incolore, il porte sur la double éjection du verre coloré restant à extraire du verre incolore (en proportion variable, selon les conditions climatiques et la qualité du verre en mélange).

Schéma technique de référence, appliqué au démélange du verre mixte :



Le tri optique est effectué sur la fraction coloré, bien que majoritaire (les machines installées ne sont pas prévues pour l'éjection du verre blanc, l'installation étant initialement dédiée à l'épuration de fractions incolores mono-couleur). Au premier passage (démélange), le flux entrant est séparé par couleur, le verre incolore représentant 25% des flux triés, contre 45% des flux entrants. **Après 2^{ème} passage pour épuration, le taux de production du verre incolore est de l'ordre de 24%.**

Au premier passage, la teneur du verre incolore en infusibles est de 50 à 100 g/t. D'après les Ets RHENUS, le fait de passer de 50 g/t à 25 g/t (2^{ème} passage) augmente le taux de refus global de 1 à 2 % (refus de tri optique).

Le taux de refus en démélange est proche de 7 à 8% et le verre incolore produit contient :

- ❑ moins de 25 g/t d'impuretés minérales (infusibles) ;
- ❑ moins de 0,5% de particules colorées (particules de teinte verte, brune et bleue).

Pour un coût de base de traitement du verre proche de 45 DM par tonne (soit 150 F/t), le surcoût de la séparation par couleur et de l'affinage de la fraction incolore est proche de +35 DM par tonne entrante, soit +115 F/t. Ce surcoût porte sur l'épuration du verre incolore (2^{ème} passage).

**Estimation par les Ets RHENUS du coût de traitement
d'une tonne de verre incolore à partir de verre en mélange (verre mixte) :**

Passages	Coût en F/t de verre incolore
1 ^{er} passage (démélange)	150 F/t
2 ^{ème} passage (épuration)	115 F/t
ENSEMBLE	265 F/t

Le surcoût communiqué par les Ets RHENUS est exprimé par tonne de verre incolore traitée, par comparaison avec une installation d'épuration du verre incolore (et non par comparaison avec une installation de traitement du verre en mélange).

Ce niveau de surcoût n'est pas directement transposable au cas français. En effet, le surcoût de 115 F/t à la tonne de verre incolore traitée s'applique à des flux en provenance de Hollande, qui comprennent une part de verre incolore de 45%. Il s'écarte donc du cas français, dans la mesure où le démélange du verre mixte porte en France sur un flux contenant 25% à 30% de verre incolore et nécessite pour séparer les couleurs de procéder à l'éjection des particules incolores (et non des particules colorées).

SANTAOLALLA (visite du 27/09 2001 à Guadalajara Espagne. Interlocuteur : Mr Fernando SANTAOLALLA)

Mise en service au mois de juin 1999, l'installation des Etablissements SANTAOLALLA est située à Guadalajara, près de Madrid (Castilla La Mancha).

Cette installation est mixte, puisque conçue pour le traitement du verre industriel (verre plat) et du verre d'emballage ménager en démélange. Le tonnage annuel traité est proche de 50 000 t/an, dont 25 000 t/an de verre d'emballage ménager (50% du tonnage annuel entrant). Le taux de refus moyen du traitement varie entre 5 et 6%. La capacité horaire de l'installation est de 20 t/h (fonctionnement journalier en 2 postes de 8 heures).

Après alimentation, le flux est déferrailé une première fois, avant tri manuel des refus (2 à 4 postes de tri manuel) et criblage en trois lignes de granulométrie.

Ventilation des flux traités par tranche de granulométrie (après criblage) :

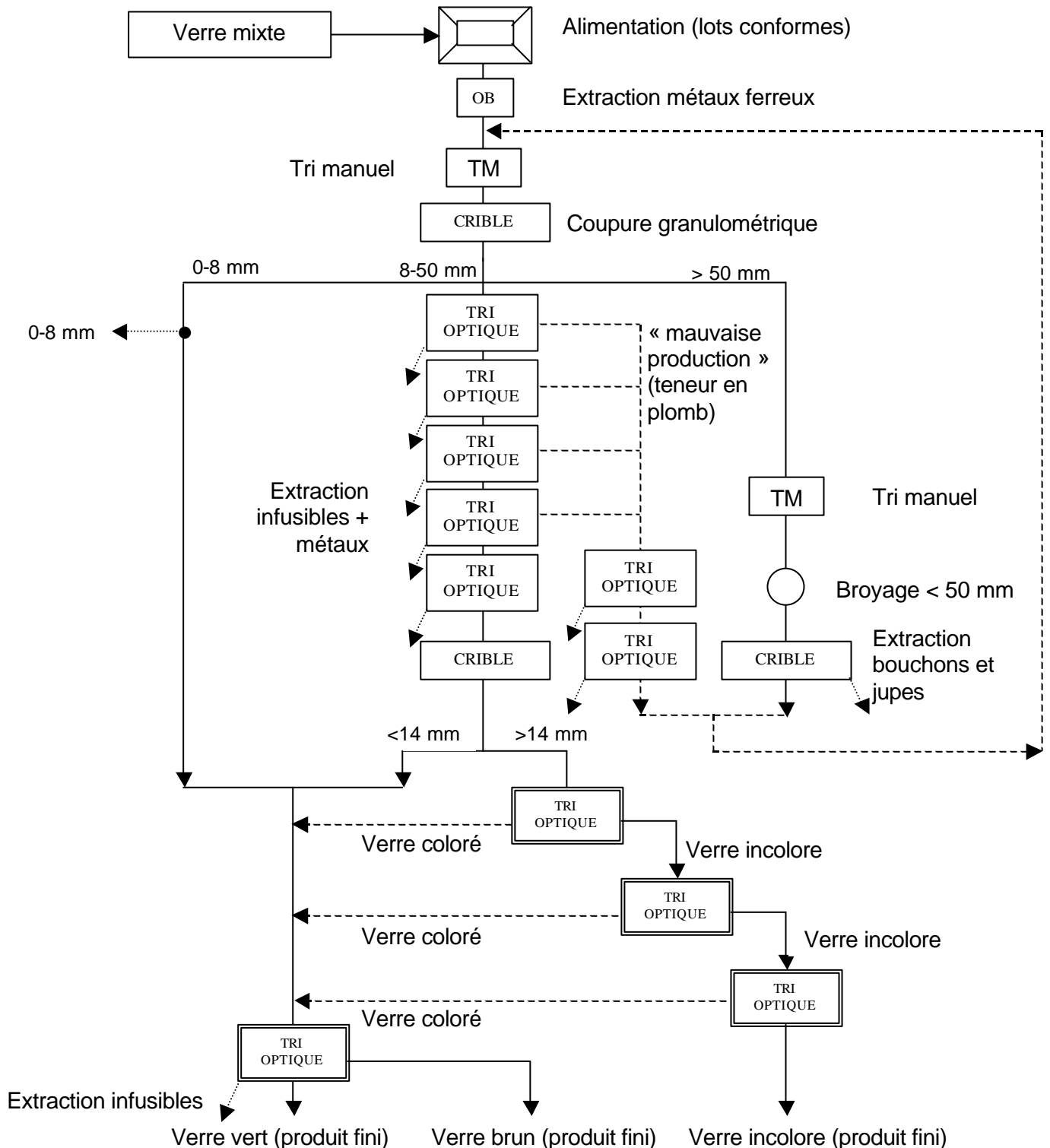
Tranches de granulométrie	en % des flux traités
< 8 mm	5%
de 6 à 50 mm	65%
> 50 mm	30%

La fraction de granulométrie inférieure à 8 mm peut être rejetée ou rejoindre la production de verre mixte (coloré). Les impuretés de la fraction de granulométrie supérieure à 50 mm sont extraites manuellement (1 poste de tri). Le flux est ensuite dirigé vers un broyeur (réduction granulométrique), puis vers un crible équipé d'un système d'aspiration pour extraction des refus (bouchons, jupes de surbouchage). Il rejoint enfin le flux principal avant criblage et séparation en 3 tranches de granulométrie.

La tranche de granulométrie intermédiaire, comprise entre 8 et 50 mm, comprend une série de 5 machines de tri optique d'une capacité horaire unitaire de 4 à 5 t/h. Ces machines sont

destinés à extraire les impuretés minérales (infusibles) ainsi que les métaux (ferreux / non ferreux). Cette première série de tri optique sert également à éjecter la « mauvaise production », c'est à dire le verre traité comportant une trop forte teneur en plomb (3 à 5% des flux entrants). Cette production est affinée dans une série de 2 machines de tri optique pour extraction des infusibles. Elle rejoint ensuite la fraction supérieure à 50 mm, puis le flux principal avant criblage et séparation en 3 tranches de granulométrie.

Schéma technique de référence, appliqué au démêlage du verre mixte :



Le traitement par couleur s'effectue après extraction des infusibles et des métaux, sur la fraction 14 – 50 mm uniquement. La fraction inférieure à 14 mm rejoint en effet la production de verre coloré (mixte). En effet, les machines de tri optique utilisées pour le traitement par couleur ne sont opérationnelles qu'à partir d'une granulométrie de 14 mm (machines BINDER « BWG » initialement conçues pour séparer le flux en 3 couleurs distinctes brun / blanc / vert).

Sur la fraction 14-50 mm, le traitement par couleur est effectué au moyen d'une série de 3 machines de tri optique en cascade. La première machine sert à éjecter le verre incolore (minoritaire), le flux passant rejoignant la production de verre coloré (brun-vert). Les deux machines suivantes servent à épurer le verre incolore (éjection du verre coloré, minoritaire).

Le verre coloré issu de la fraction 0-8 mm, de la fraction inférieure à 14 mm et de l'épuration du verre incolore est enfin affiné et trié par couleur, au moyen d'une machine CLARITY + de conception récente, permettant de séparer le verre brun du verre vert et d'extraire également les impuretés minérales résiduelles présentes dans le verre coloré.

La part relative du verre incolore dans le verre mixte d'emballage est proche de 25 à 30%, soit un ordre de grandeur comparable au cas français. Pour un tonnage annuel de 25 000 tonnes de verre mixte d'emballage trié par couleur en démélange, le process permet de récupérer 2 500 t/an environ, soit **un taux de production du verre incolore de 10%.**

Le verre incolore produit contient plus de 5% de verre coloré. Il est destiné à être incorporé, non pas en production de verre d'emballage, mais en fabrication artisanale de bouteilles de verre « artistique » mi-blanc (verre rugueux à reflets colorés, comportant des bulles artificiellement ajoutées). A ce titre, la teneur en verre coloré du verre incolore produit ne constitue pas une exigence technique limitative. En Espagne, le verre blanc d'emballage est majoritairement composé de verre « mi-blanc ». Le verre incolore extrait du verre mixte contient donc une forte proportion de fer et de chrome, limitant les possibilités d'incorporation en verre d'emballage.

Les machines de tri optique par couleur utilisées sont issues de la première génération ; en utilisant des machines plus récentes, opérationnelles à partir d'un seuil de granulométrie de 10 mm et d'un rendement de tri plus performant, les établissements SANTAOLALLA indiquent que le taux de production du verre incolore pourrait être, soit plus élevé à teneur en verre coloré identique, soit identique à teneur en verre coloré inférieure.

Le surcoût du traitement du verre incolore communiqué par les Etablissements SANTAOLALLA est de l'ordre de + 320 F/t de verre incolore produite (correspondant à une production annuelle de 2 500 tonnes de verre incolore).

Structure du surcoût de traitement du verre incolore par démélange :

Postes de surcoûts	Surcoût en F/t de verre incolore
Amortissement tri optique	+ 230 F/t
Electricité	+ 20 F/t
Entretien	+ 70 F/t
TOTAL	+ 320 F/t

Le surcoût de 320 F/t de verre incolore correspond à une production de 2 500 t/an de verre incolore, à teneur en verre coloré supérieure à 5%, extraite de 25 000 t/an de verre mixte traitées en démélange (cas réel). Les Etablissements SANTAOLALLA indiquent que ce surcoût pourrait être théoriquement nettement inférieur dans le cas d'une production de 10 000 t/an de verre incolore extraite de 100 000 t/an de verre mixte traité en démélange, bien que ce cas de figure ne soit pas envisagé en régime opérationnel.

8. 2. 2) Les retours d'expérience sur l'épuration du verre incolore (Europe)

Le traitement du verre par couleur appliqué à la fraction incolore triée à la source constitue un schéma quasi-général en Allemagne (moins de 5% du verre issu des ménages étant collecté en mélange, le verre étant collecté en trois couleurs : vert / brun / blanc), mais également en Suisse et en Scandinavie. Il est en cours de généralisation en Belgique et aux Pays Bas, sur la base d'une séparation à la source en 2 fractions distinctes (incolore / colorée).

Chapitre 9. Evaluation des surcoûts du traitement du verre par couleur

9. 1) Méthode de calcul des surcoûts du traitement du verre par couleur

Les surcoûts du traitement du verre par couleur sont abordés sous l'angle de schémas techniques de référence, traités au regard des modifications fonctionnelles apportées par rapport à un traitement traditionnel du verre en mélange ; les schémas techniques sont organisés en 6 configurations (ou « cas types ») recentrées sur la fonction « tri optique ».

La base de calcul est un site en configuration « régime de croisière » traitant 100 kt/an de verre en mélange.

Les surcoûts sont calculés par rapport au tonnage annuel total entrant, toutes fractions confondues, puis rapportés au tonnage annuel de verre incolore produit, dans chaque configuration envisagée.

Les surcoûts sont calculés hors subventions et hors taxes (aides et T.V.A non compris).

9. 1. 1) La structure des surcoûts

Les surcoûts sont structurés en 2 rubriques :

- ❑ Surcoûts d'investissement ;
- ❑ Surcoûts de fonctionnement.

Concernant les investissements additionnels associés au traitement du verre par couleur, on distingue les investissements centrés sur la fonction centrale du traitement (équipements de tri optique par couleur, inclus équipements périphériques) des investissements « secondaires », afférents au déstockage de la fraction incolore.

L'analyse de surcoûts de traitement du verre est conduite par fonctions productives :

- ❑ Equipements de tri optique + équipements périphériques ;
- ❑ Aires de stockage du produit fini (fraction incolore) ;
- ❑ Gros Entretien et Renouvellement (GER) ;
- ❑ Entretien et consommables ;
- ❑ Consommation électrique.

9. 1. 2) Neutralisation du taux de charge des équipements

Le taux de charge des équipements étant une composante majeure du coût de traitement du verre, en raison d'effets de seuil et de l'indivisibilité des investissements (économies d'échelle), les surcoûts sont calculés à taux de charge identique (soit 80%).

9. 1. 3) Neutralisation des coûts de traitement des refus

On considère dans le cadre de cette étude que le traitement du verre génère un taux de refus de 5%. Les valeurs limites d'infusibles prises en compte (50 g/t) sont identiques quelle que soit la teinte du produit fini, que ce soit le verre mixte (coloré) ou le verre incolore et à spécifications « infusibles » identiques, on considère que le traitement par couleur n'exerce pas d'incidence sur le taux de refus. **L'hypothèse d'une réduction de la limite en infusibles de 50 à 25 g/t (entraînant une augmentation du taux de refus global de 1 à 2%) n'est pas prise en compte dans cette étude, dans ses répercussions sur les coûts de traitement des refus de tri optique notamment.**

9. 2) Les cas types de traitement du verre par couleur

Les différentes configurations envisagées portent sur les 2 options de tri :

- ❑ l'**épur**ation de fractions incolores triées à la source ;
- ❑ le **démél**ange du verre collecté en mélange (collecte de verre mixte).

En fonction des applications verrières du verre incolore et des modalités d'exploitation, les schémas techniques sont organisés en 4 configurations (ou « cas types ») principalement centrées sur la fonction « tri optique ».

9. 2. 1) Les cas types de traitement de la fraction incolore (épuration)

Concernant le tri des collectes séparées par couleur, 3 cas de figure sont possibles :

- ❑ tri par campagne sur installation existante de traitement du verre mixte (installation non modifiée);
- ❑ tri par campagne sur installation adaptée au traitement du verre incolore trié à la source (installation adaptée au traitement du verre par couleur) ;
- ❑ ligne uniquement dédiée au traitement des fractions incolores triées à la source.

CAS 1 - Epuration du verre incolore en installation existante, non modifiée

Dans le premier cas, l'installation procède au traitement par campagne de 10 kt/an de verre incolore trié à la source, pour incorporation en fabrication de verre « Feuille Morte ». En effet, la part des fractions incolores entrantes sur une installation de traitement existante, non adaptée au traitement par couleur, ne peut excéder 10% de la totalité des flux entrants, en raison d'une réduction du débit horaire et de contraintes additionnelles de manutention, d'entretien et de nettoyage de l'installation. Les équipements de tri optique affectés aux infusibles ne permettant pas de trier le verre par couleur, le verre incolore produit est incorporable uniquement en production de verre « Feuille Morte ».

CAS 2 - Epuration du verre incolore en installation adaptée au traitement par couleur

Dans le second cas, l'installation existante est adaptée au traitement du verre incolore et comporte 2 machines de tri optique par couleur additionnelles. Le tonnage entrant total de 100 kt/an comprend 27,5% de verre incolore issu du tri à la source, traité en substitution du verre mixte, par campagne, pour incorporation en fabrication de verre :

- ❑ « Feuille Morte » (1 passage, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre incolore, comportant un taux d'impuretés colorées proche de 5%) ;
- ❑ « Brun-Jaune » (1 passage, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre coloré, le verre incolore produit comportant un taux d'impuretés colorées de 2%) ;
- ❑ « Blanc » (2 passages, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre coloré au premier passage et le verre incolore comportant un taux d'impuretés colorées proche de 0,5%).

CAS 3 - Epuration du verre incolore en installation dédiée au traitement par couleur

Dans le troisième cas, on considère une installation dédiée traitant 60 kt/an de verre incolore brut, pour incorporation en fabrication de verre :

- ❑ « Feuille Morte » (1 passage, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre incolore, comportant un taux d'impuretés colorées proche de 5%) ;
- ❑ « Brun-Jaune » (1 passage, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre coloré, le verre incolore produit comportant un taux d'impuretés colorées de 2%) ;
- ❑ « Blanc » (2 passages, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre coloré au premier passage et le verre incolore produit comportant un taux d'impuretés colorées proche de 0,5%).

9. 2. 2) Les cas types de tri intégré par couleur (démélange)

CAS 4 - Démélange du verre mixte en installation dédiée au traitement par couleur

En démélange, les équipements envisagés correspondent à des installations dédiées (spécifiques). Le flux entrant est mixte et 2 opérations consécutives sont nécessaires :

- ❑ séparation de la fraction incolore du verre mixte entrant (démélange) ;
- ❑ sur-tri de la fraction incolore (épuration).

La production de verre incolore est destinée à être incorporée en fabrication de verre :

- ❑ « Feuille Morte » (1 passage, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre incolore qui comporte un taux d'impuretés colorées proche de 5%) ;
- ❑ « Brun-Jaune » (1 passage, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre coloré et le verre incolore comportant un taux d'impuretés colorées proche de 2%) ;
- ❑ « Blanc » (2 passages, la fraction 0-10 mm rejoignant la production de verre coloré au premier passage et le verre incolore comportant un taux d'impuretés colorées proche de 0,5%).

Les cas types de traitement du verre par couleur, selon l'option de tri et le type d'installation de traitement:

OPTIONS DE TRI	EPURATION							DEMELANGE		
CAS	1	2			3			4		
INSTALLATION	EXISTANTE	ADAPTEE			DEDIEE			DEDIEE		
TONNAGE ENTRANT ANNUEL	90 kt verre mixte + 10 kt verre incolore	72,5 kt verre mixte + 27,5 kt verre incolore			60 kt verre incolore			100 kt verre mixte		
DEBOUCHES INCOLORES	FM	FM	BJ	Blc	FM	BJ	Blc	FM	BJ	Blc
TAUX DE COULEUR (*)	5%	5%	2%	0,5%	5%	2%	0,5%	5%	2%	0,5%

(*) dans le verre incolore produit.

Débouchés du verre incolore :

- a) FM : « Feuille Morte »
- b) BJ : « Brun-Jaune »
- c) Blc : « Blanc »

9. 3) Hypothèses de rendements de tri par couleur, selon l'option de tri

La détermination des rendements quantitatifs et qualitatifs du traitement par couleur est issue de l'analyse conduite ci-avant (chapitre 7).

Les rendements de tri ci-dessous portent sur les performances de production du verre incolore par tonne de verre traitée par couleur, par série de tri optique et le cas échéant, pour chacun des passages nécessaires.

Les rendements sont calculés pour chaque type d'installation envisagée et pour chaque type de débouché du verre incolore (produit fini), en fonction :

- de l'affectation de la fraction 0-10 mm ;
- du nombre de passages nécessaires ;
- des rendements de production du verre incolore par série et par passage le cas échéant.

Hypothèses de rendements et performances de production du verre incolore, en fonction de l'option de tri et du type de teinte incorporatrice du verre incolore :

OPTIONS DE TRI	EPURATION								DEMELANGE					
CAS	1		2 et 3						4					
INSTALLATION	EXISTANTE		ADAPTEE / DEDIEE						DEDIEE					
DEBOUCHES INCOLORES	FM		FM		BJ		Blc		FM		BJ		Blc	
RENDEMENTS DE TRI DU VERRE INCOLORE EN DEMELANGE														
Nombre de passages	-		-		-		-		1		1		1	
Rendements de tri par série	-		-		-		-		40%	30%	40%	30%	40%	30%
RENDEMENTS DU TRI DU VERRE INCOLORE EN EPURATION														
Nombre de passages	1		1		1		2		1		1		2	
Rendements de tri par série	-	-	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%
PERFORMANCES GLOBALES DE TRI (QUANTITATIVES ET QUALITATIVES)														
Taux de production (*)	86,9%		86,9%		76,9%		65,8%		9,2%		8,6%		7,9%	
Teneur en verre coloré (**)	5%		5%		2%		0,5%		5%		2%		0,5%	

(*) du verre incolore (quantité de verre incolore produite / quantité de verre entrante traitée par couleur, non compris taux de refus lors du traitement).

(**) par tonne de verre incolore produite.

N. B : le taux de refus lors du traitement est considéré comme invariant (soit 5%).

9. 4) Détermination des niveaux d'équipement, selon l'option de tri

En considération de l'offre des 4 principaux équipementiers européens, les technologies de tri optique sont de 2 types :

1. TYPE 1 : machine de tri des infusibles d'une capacité horaire de 20 t/h (5 modules) ;
2. TYPE 2 : machine de tri par couleur d'une capacité horaire de 10 t/h (1 module).

Sur ces bases, le nombre de machines de tri optique nécessaires est déterminé pour chaque « cas type », en comparaison avec une installation standard de traitement (3 lignes de tri, en plus de la fraction 0-10 mm).

Cas 1 (épuration du verre incolore en installation existante, non modifiée)

Sur installation existante, la ligne de tri des infusibles est insuffisante pour atteindre le niveau de qualité visé et l'extraction des particules colorées s'effectue manuellement (tessons...). La teneur en particules colorées du verre incolore produit est supérieure à celle obtenue avec des machines de tri par couleur. Le tri optique des infusibles est effectué sur la fraction 10-40 mm (après criblage). La fraction 0-10 mm rejoint la production de verre incolore pour incorporation en production de teinte « Feuille Morte ».

Cas 2 (épuration du verre incolore en installation adaptée au traitement par couleur)

Sur installation existante traitant 100 kt/an, adaptée pour le traitement par campagne de 27,5 kt/an de verre incolore, la machine de tri des infusibles est insuffisante pour atteindre le niveau de qualité visé et 2 machines de tri par couleur de 10 t/h chacune sont nécessaires sur la fraction 10-40 mm (après criblage). Selon le type de débouché du verre incolore, la fraction 0-10 mm rejoint la production de verre incolore (pour incorporation en teinte « Feuille Morte ») ou coloré (pour incorporation en teinte « Brun-Jaune » ou « Blanc ») et deux passages sont nécessaires pour affiner la fraction incolore (incorporation en production de verre « Blanc »).

Cas 3 (épuration du verre incolore en installation dédiée au traitement par couleur)

Sur installation dédiée au traitement en continu de 60 kt/an de verre incolore, 2 machines de tri par couleur de 10 t/h chacune sont nécessaires pour atteindre le niveau de qualité visé ; 1 machine de tri complémentaire des infusibles est également nécessaire. Selon le type de débouché du verre incolore, la fraction 0-10 mm rejoint la production de verre incolore (pour incorporation en teinte « Feuille Morte ») ou coloré (pour incorporation en teintes « Brun-Jaune » ou « Blanc ») et deux passages sont nécessaires pour affiner la fraction incolore (incorporation en production de verre « Blanc »).

Cas 4 (démélange du verre mixte en installation dédiée au traitement par couleur)

En traitement du verre mixte sur installation dédiée, portant sur 100 kt/an de verre mixte, 1 série de machines de tri par couleur de 10 t/h chacune sont nécessaires pour atteindre le niveau de qualité visé (affinage du verre incolore), en plus des 2 séries de machines affectées en parallèle au démélange du verre mixte. Une machine de tri complémentaire des infusibles est également nécessaire. Dans tous les cas, la fraction 0-10 mm issue du démélange rejoint la production de verre coloré. Pour incorporation en teintes « Feuille Morte » et « Brun-Jaune », 1 passage est nécessaire ; 2 passages sont nécessaires pour produire du verre incolore incorporable en production de verre « Blanc ».

Détermination du nombre de machines de tri optique, en fonction de l'option de tri et des applications verrières du verre incolore traité :

Cas types	Type de traitement	Nombre de machines de tri optique			Nombre de passages en épuration
		INFUSIBLES	COULEUR	TOTAL	
Cas 1	épuration	1	0	1	1
Cas 2 a / b	épuration	1	2	3	1
Cas 2 c	épuration	1	2	3	2
Cas 3 a / b	épuration	1	2	3	1
Cas 3 c	épuration	1	2	3	2
Cas 4 a / b	démélange	1	6	7	1
Cas 4 c	démélange	1	6	7	2

9. 5) Les surcoûts d'investissement de la fonction « tri optique »

La détermination des investissements associés à la fonction « tri optique » est conduite en fonction du nombre de machines nécessaires, des montants unitaires d'achat et des équipements périphériques afférents (tapis convoyeurs, compresseurs, cyclones).

Le prix d'achat d'une machine de tri optique par couleur d'une capacité de 10 t/h est 1,5 fois plus élevé qu'une machine de tri optique d'une capacité de 20 t/h destinée uniquement à extraire les infusibles (5 modules de 4 t/h chacun). Inclus installation, le montant d'achat d'une machine de tri optique du verre par couleur d'une capacité de 10 t/h se situe aux alentours de 1,5 MF. Chaque machine nécessite en outre des équipements périphériques (compresseurs, tapis convoyeurs, systèmes d'aspiration) qui représentent 25% d'investissement additionnel. Les montants d'investissement sont enfin rapportés à une durée d'amortissement de 6 ans.

Montants unitaires d'investissement par type d'équipement de tri optique :

	Tri des infusibles	Tri par couleur
Capacité horaire unitaire	20 t/h	10 t/h
Investissement (inclus installation)	1 MF	1,5 MF
% Equipements périphériques	25%	25%

9. 5. 1) Epuration de la fraction incolore

cas 1 INSTALLATION EXISTANTE				
	Unité : kF	Infusibles	Couleur	Ensemble
MONTANT UNITAIRE D'INVESTISSEMENT		1 000	1 500	-
NOMBRE DE MACHINES		1	0	1
INVESTISSEMENT TOTAL MACHINES		1 000	0	1 000
COEF. EQUIPEMENTS PERIPHERIQUES		1,25	1,25	-
INVESTISSEMENT TOTAL		1 250	0	1 250
DUREE D'AMORTISSEMENT		6	6	-
AMORTISSEMENT ANNUEL		208	0	208

cas 2 INSTALLATION ADAPTEE				
	Unité : kF	Infusibles	Couleur	Ensemble
MONTANT UNITAIRE D'INVESTISSEMENT		1 000	1 500	-
NOMBRE DE MACHINES		1	2	3
INVESTISSEMENT TOTAL MACHINES		1 000	3 000	4 000
COEF. EQUIPEMENTS PERIPHERIQUES		1,25	1,25	-
INVESTISSEMENT TOTAL		1 250	3 750	5 000
DUREE D'AMORTISSEMENT		6	6	-
AMORTISSEMENT ANNUEL		208	625	833

cas 3 INSTALLATION DEDIEE				
	Unité : kF	Infusibles	Couleur	Ensemble
MONTANT UNITAIRE D'INVESTISSEMENT		1 000	1 500	-
NOMBRE DE MACHINES		1	2	3
INVESTISSEMENT TOTAL MACHINES		1 000	3 000	4 000
COEF. EQUIPEMENTS PERIPHERIQUES		1,25	1,25	-
INVESTISSEMENT TOTAL		1 250	3 750	5 000
DUREE D'AMORTISSEMENT		6	6	-
AMORTISSEMENT ANNUEL		208	625	833

9. 5. 2) Démélange du verre mixte

Sur le plan des investissements, le choix des débouchés du verre incolore produit n'exerce pas d'incidence : le niveau de pureté du verre incolore produit détermine le nombre de passages nécessaires à l'épuration complémentaire du verre incolore après démélange et se répercute uniquement sur les coûts de fonctionnement (et non d'investissement).

cas 4 INSTALLATION DEDIEE				
	Unité : kF	Infusibles	Couleur	Ensemble
MONTANT UNITAIRE D'INVESTISSEMENT	1 000	1 500	1 500	-
NOMBRE DE MACHINES	1	6	6	7
INVESTISSEMENT TOTAL MACHINES	1 000	9 000	9 000	10 000
COEF. EQUIPEMENTS PERIPHERIQUES	1,25	1,25	1,25	-
INVESTISSEMENT TOTAL	1 250	11 250	11 250	12 500
DUREE D'AMORTISSEMENT	6	6	6	-
AMORTISSEMENT ANNUEL	208	1 875	1 875	2 083

9. 5. 3) Récapitulatif des surcoûts d'investissement de tri optique

L'évaluation des surcoûts d'amortissement des équipements de tri optique peut être abordée à partir d'une comparaison des coûts d'amortissement exprimés en kF/an basée sur le cas type n° 1, lequel ne nécessite pas d'investissements additionnels par rapport au traitement du verre en mélange (base de calcul).

Détermination des surcoûts d'amortissement des équipements de tri optique :

Cas types	Investissement tri optique (kF) (*)	Amortissement tri optique (kF/an)	Surcoût tri optique (kF / an)
Cas 1	1 250 kF	208 kF/an	-
Cas 2	5 000 kF	1 146 kF/an	938 kF/an
Cas 3	5 000 kF	833 kF/an	625 kF/an
Cas 4	12 500 kF	2 083 kF/an	1 875 kF/an

(*) Inclus équipements périphériques (extracteurs, convoyeurs, compresseurs).

9. 6) Les surcoûts d'investissement de la fonction « stockage »

Dans chacun des cas, les investissements « secondaires », c'est à dire ne concernant pas la fonction « tri optique », portent sur la réalisation d'aires de stockage du verre incolore produit.

Les surcoûts sont calculés par rapport à une seule aire de stockage en traitement du verre en mélange (soit un coût annuel de 208 kF/an pour 100 kt/an).

En traitement du verre par couleur, le nombre total d'aires de stockage nécessaire est égal à 2, quel que soit le cas type envisagé. Leur dimensionnement par type de fraction de verre produite tient compte du dimensionnement des installations (quantités annuelles produites).

Dimensionnement des aires de stockage, en fonction de l'option de tri et des applications verrières du verre incolore traité :

Cas types	Dimensionnement des aires de stockage		
	Verre coloré	Verre incolore	TOTAL
Cas 1	10 000 m ²	4 000 m ²	14 000 m ²
Cas 2	10 000 m ²	4 000 m ²	14 000 m ²
Cas 3	2 000 m ²	6 000 m ²	8 000 m ²
Cas 4	10 000 m ²	4 000 m ²	14 000 m ²

Le coût unitaire de réalisation d'une aire stabilisée de stockage (béton ou enrobé) est proche de 250 F par m² (inclus préparation du sol). La durée d'amortissement prise en compte est de 12 ans (durée de référence pour l'amortissement d'ouvrages de génie civil).

Détermination des surcoûts d'amortissement des aires de stockage :

Cas types	Investissement stockage (kF)	Amortissement stockage (kF/an)	Surcoût stockage (kF / an)
Cas 1	3 500 kF	292 kF	+ 84 kF/an
Cas 2	3 500 kF	292 kF	+ 84 kF/an
Cas 3	2 000 kF	167 kF	+ 42 kF/an
Cas 4	3 500 kF	292 kF	+ 84 kF/an

9. 7) Les surcoûts de fonctionnement du traitement du verre par couleur

Aux surcoûts d'investissement s'ajoutent des surcoûts de fonctionnement, lesquels sont abordés en 3 postes :

1. Gros Entretien et Renouvellement (GER) ;
2. Entretien et consommables ;
3. Consommation électrique.

Les surcoûts de GER et d'entretien sont déterminés en fonction de l'investissement en équipements de tri optique, à partir d'une base de calcul de 1 250 kF pour le traitement du verre en mélange (installation existante traitant 100 kt/an de verre en mélange). Les surcoûts de consommation électrique sont calculés en fonction du débit horaire et de la consommation horaire en électricité, laquelle est déterminée pour chaque niveau d'équipement en tri optique.

9. 7. 1) Incidence du débit horaire sur les coûts de fonctionnement

La durée annuelle de fonctionnement est déterminée en fonction du tonnage horaire des installations, par rapport à une installation de 24 t/h traitant 100 kt/an. Le tonnage horaire est déterminé en fonction du nombre de passages nécessaires en démélange / épuration.

Détermination du débit horaire par type de flux et configuration de traitement :

Cas types	Verre mixte		Verre incolore		Ensemble		Heures/an
	t/h	%	t/h	%	t/h	%	
Cas 1	24 t/h	90%	14 t/h	10%	23 t/h	100%	4 350
Cas 2 a / b	24 t/h	72,5%	14 t/h	27,5%	21 t/h	100%	4 700
Cas 2 c	24 t/h	72,5%	10 t/h	27,5%	20 t/h	100%	5 000
Cas 3 a / b	-	0%	18 t/h	100%	18 t/h	100%	3 300
Cas 3 c	-	0%	12 t/h	100%	12 t/h	100%	5 000
Cas 4 a / b	22 t/h	100%	-	-	22 t/h	100%	4 500
Cas 4 c	22 t/h	80%	10 t/h	20%	20 t/h	100%	5 100

9. 7. 2) Les surcoûts de Gros Entretien et Renouvellement (GER)

Les surcoûts de GER sont calculés sur la base d'un coefficient appliqué aux investissements de tri optique et périphériques de 3% (traitement en mélange). Le coefficient de GER équivaut à 4% des investissements de tri optique pour 1 passage en épuration et à 6% dans le cas où 2 passages sont nécessaires.

Détermination des surcoûts de GER, en fonction des investissements en tri optique :

Cas types	Investissement tri optique (kF)	Coefficient GER	Coût GER (kF / an)	Surcoût GER (kF / an)
Cas 1	1 250 kF	4%	50 kF/an	+ 13 kF/an
Cas 2 a / b	5 000 kF	4%	200 kF/an	+ 163 kF/an
Cas 2 c	5 000 kF	6%	300 kF/an	+ 263 kF/an
Cas 3 a / b	5 000 kF	4%	200 kF/an	+ 50 kF/an
Cas 3 c	5 000 kF	6%	300 kF/an	+ 150 kF/an
Cas 4 a / b	8 750 kF	4%	350 kF/an	+ 313 kF/an
Cas 4 c	8 750 kF	6%	525 kF/an	+ 488 kF/an

9. 7. 3) Les surcoûts d'entretien

Les coefficients de coûts d'entretien sont également exprimés au regard du niveau des investissements en équipements de tri par couleur. Le coefficient de base est de 2,5% ; le coefficient est ensuite augmenté pour tenir compte des niveaux d'équipements en tri optique et du nombre de passages en épuration de la fraction incolore (1 ou 2).

Détermination des surcoûts d'entretien, en fonction du niveau des investissements en équipements :

Cas types	Investissement tri optique (kF)	Coefficient Entretien	Coût entretien (kF / an)	Surcoût entretien (kF / an)
Cas 1	1 250 kF	3%	38 kF/an	+ 6 kF/an
Cas 2 a / b	5 000 kF	4%	200 kF/an	+ 169 kF/an
Cas 2 c	5 000 kF	5%	250 kF/an	+ 219 kF/an
Cas 3 a / b	5 000 kF	4%	200 kF/an	+ 75 kF/an
Cas 3 c	5 000 kF	5%	250 kF/an	+ 125 kF/an
Cas 4 a / b	8 750 kF	5%	438 kF/an	+ 406 kF/an
Cas 4 c	8 750 kF	6%	525 kF/an	+ 494 kF/an

9. 7. 4) Les surcoûts de consommation électrique

Les coûts de consommation électrique sont calculés sur la base d'une consommation horaire exprimée en KWh et d'un coût unitaire de 44 centimes par KWh, soit 550 kF/an en base de calcul (correspondant à une durée annuelle de fonctionnement de l'ordre de 4 100 h/an). La consommation horaire est déterminée en fonction du nombre de machines de tri optique et du nombre de passages nécessaires, pour cas type envisagé. Elle est rapportée à la durée annuelle de fonctionnement.

Détermination des surcoûts de consommation électrique, en fonction de la consommation horaire en électricité :

Cas types	Nombre d'heures annuelles (h/an)	Consommation horaire (KWh)	Coût électricité (kF / an)	Surcoût électricité (kF / an)
Cas 1	4 350	300	574 kF/an	+ 24 kF/an
Cas 2 a / b	4 700	400	828 kF/an	+ 278 kF/an
Cas 2 c	5 000	400	873 kF/an	+ 323 kF/an
Cas 3 a / b	3 300	400	587 kF/an	+ 147 kF/an
Cas 3 c	5 000	400	880 kF/an	+ 440 kF/an
Cas 4 a / b	4 500	750	1 495 kF/an	+ 945 kF/an
Cas 4 c	5 100	750	1 700 kF/an	+ 1 150 kF/an

9. 8) Surcoûts complets du traitement du verre par couleur, selon l'option de tri

Les surcoûts sont exprimés par tonne de verre incolore produite, en tant que base de comparaison des surcoûts, permettant de rendre compte des incidences respectives :

- de la part relative du verre incolore dans la totalité des flux entrants annuels ;
- du tonnage annuel de verre incolore produit, déterminé en fonction des performances de production du verre incolore, qui sont calculées en fonction du niveau de pureté du verre incolore recherché et de ses incidences afférentes sur l'affectation de la fraction 0-10 mm d'une part et sur le débit horaire d'autre part, ce dernier paramètre variant en fonction du nombre de passages en tri optique nécessaires.

Performances et surcoûts du traitement du verre par couleur, en fonction de l'option de tri et du type de teinte incorporatrice du verre incolore

1) EPURATION

	Feuille Morte	Brun-Jaune	Blanc
Taux de production du verre incolore	86,9%	76,9%	65,8%
Surcoût par tonne incolore produite	+ 15 à+ 72 F/t	+ 21 à+ 81 F/t	+ 35 à+ 106 F/t
Surcoûts par tonne incolore produite	+ 15 à+ 106 F/t		

2) DEMELANGE

	Feuille Morte	Brun-Jaune	Blanc
Taux de production du verre incolore	9,2%	8,6%	7,9%
Surcoût par tonne incolore produite	+ 415 F/t	+ 443 F/t	+ 545 F/t
Surcoûts par tonne incolore produite	+ 415 à+ 545 F/t		

Le surcoût de traitement par tonne de verre incolore produite est près de 10 fois supérieur en option de démelange, par rapport à l'option de tri à la source (surcoûts de collecte non pris en compte, à ce stade).

**Les surcoûts du traitement du verre par couleur, en fonction de l'option de tri,
du type d'installation et des teintes incorporatrices du verre incolore**

OPTIONS DE TRI	EPURATION							DEMELANGE		
CAS	1	2 a)	2 b)	2 c)	3 a)	3 b)	3 c)	4 a)	4 b)	4 c)
TYPE D'INSTALLATION	existante	adaptée			dédiée			dédiée		
TEINTES INCORPORATRICES	FM	FM	BJ	Blc	FM	BJ	Blc	FM	BJ	Blc
Tonnage total annuel brut entrant	100 kt/an	100 kt/an	100 kt/an	100 kt/an	60 kt/an	60 kt/an	60 kt/an	100 kt/an	100 kt/an	100 kt/an
dont tonnage de verre incolore brut	10 kt/an	27,5 kt/an	27,5 kt/an	27,5 kt/an	60 kt/an	60 kt/an	60 kt/an	-	-	-
Taux de refus de traitement	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Taux de production du verre incolore	86,9%	86,9%	76,9%	65,8%	86,9%	76,9%	65,8%	9,2%	8,6%	7,9%
Tonnage annuel de verre incolore produit	8,3 kt/an	22,8 kt/an	20,1 kt/an	17,2 kt/an	49,7 kt/an	44,0 kt/an	37,7 kt/an	8,7 kt/an	8,2 kt/an	7,5 kt/an
STRUCTURE DES SURCOUTS (F/t de verre incolore produite)										
Surcoût d'amortissement tri optique	+ 0 F/t	+ 41 F/t	+ 47 F/t	+ 54 F/t	+ 13 F/t	+ 14 F/t	+ 17 F/t	+ 215 F/t	+ 229 F/t	+ 250 F/t
Surcoût d'amortissement stockage	+ 10 F/t	+ 4 F/t	+ 4 F/t	+ 5 F/t	+ 1 F/t	+ 1 F/t	+ 1 F/t	+ 10 F/t	+ 10 F/t	+ 11 F/t
Surcoût de GER	+ 2 F/t	+ 7 F/t	+ 8 F/t	+ 15 F/t	+ 1 F/t	+ 1 F/t	+ 4 F/t	+ 36 F/t	+ 38 F/t	+ 65 F/t
Surcoût d'entretien et de maintenance	+ 1 F/t	+ 7 F/t	+ 8 F/t	+ 13 F/t	+ 2 F/t	+ 2 F/t	+ 3 F/t	+ 46 F/t	+ 50 F/t	+ 66 F/t
Surcoût de consommation électrique	+ 3 F/t	+ 12 F/t	+ 14 F/t	+ 19 F/t	+ 3 F/t	+ 3 F/t	+ 10 F/t	+ 108 F/t	+ 116 F/t	+ 153 F/t
Surcoût total par tonne incolore produite	+ 15 F/t	+ 72 F/t	+ 81 F/t	+ 106 F/t	+ 19 F/t	+ 21 F/t	+ 35 F/t	+ 415 F/t	+ 443 F/t	+ 545 F/t
Surcoût selon teintes incorporatrices	+ 15 à + 106 F/t							+ 415 à + 545 F/t		

PARTIE IV.

PERFORMANCES, SURCOUTS ET DIMENSIONNEMENT DE LA MISE EN ŒUVRE DU TRI DU VERRE PAR COULEUR : SCENARIOS 2006

Chapitre 10. Performances, surcoûts et dimensionnement de la mise en œuvre du tri du verre par couleur : scénarios 2006

La production de verre incolore à recycler à partir de la collecte intérieure est le résultat d'une chaîne de tri comportant :

- 2 étages (collecte + épuration en centre de traitement) dans l'option de tri à la source ;
- 1 seul étage de démélange en centre de traitement, dans l'option de tri intégré.

10. 1) Hypothèses de travail

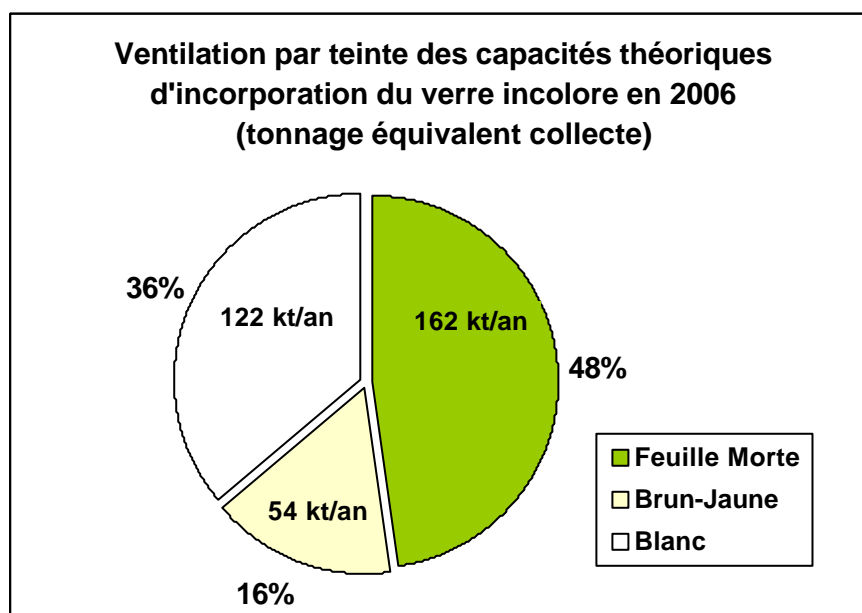
10. 1. 1) Variantes d'objectifs de taux de recyclage en 2006

Les scénarios sont conduits en considération de deux niveaux possibles d'objectifs de taux de recyclage en 2006, respectivement 65% et 70%.

10. 1. 2) Affectation du verre incolore par teinte incorporatrice

L'affectation par teinte du tonnage de verre incolore à incorporer (en équivalent tonne collectée) selon les objectifs de taux de recyclage, c'est à dire 140 kt pour un objectif de 65% et 320 kt pour un objectif de 70%, est conduite **au prorata des capacités théoriques d'incorporation du verre incolore par teinte produite.**

Les capacités théoriques d'incorporation du verre incolore en 2006 (338 kt/an) :



Affectation du verre incolore par teinte incorporatrice au prorata des capacités théoriques d'incorporation en 2006 :

	Feuille Morte	Brun-Jaune	Blanc	Total
OBJECTIF 65%	67	23	50	140
OBJECTIF 70%	153	52	115	320

Unité : kt/an

10. 2) Indicateurs recherchés

10. 2. 1) Le tonnage objet du tri par couleur en 2006

On recherche prioritairement à définir, compte tenu des écarts de performances de production du gisement incolore des 2 options de tri, quel est le tonnage à trier par couleur.

Le tonnage annuel à collecter et à traiter par couleur est déterminé pour chaque option de tri en tenant compte du taux de production du verre incolore par tonne de verre traitée par couleur, déterminé par type de teinte incorporatrice du verre incolore (compte tenu des spécifications de qualité du verre incolore produit par teinte incorporatrice) et exprimé au prorata des capacités d'incorporation par teinte.

Taux de production du verre incolore par tonne de verre traitée par couleur, déterminé par option de tri au prorata des capacités théoriques d'incorporation :

	Feuille Morte	Brun-Jaune	Blanc
EPURATION	86,9%	76,9%	65,8%
	(76,6% au prorata des capacités d'incorporation)		
DEMELANGE	9,2%	8,6%	7,9%
	(8,6% au prorata des capacités d'incorporation)		

10. 2. 2) Les populations à desservir

Le tonnage annuel à trier par couleur permet de déterminer la population afférente à desservir en 2006 dans les 2 options de tri (ainsi que les taux de desserte de la population). **Dans l'option de tri à la source, la fraction incolore collecté représente 27,5% de la totalité du verre d'emballage collecté par teinte (coloré + incolore).**

10. 2. 3) Les niveaux de surcoûts, selon l'option de tri

Les niveaux de surcoûts sont déterminés selon que l'objectif de recyclage est satisfait par l'une des 3 configurations de système de production du verre incolore (collecte + traitement) :

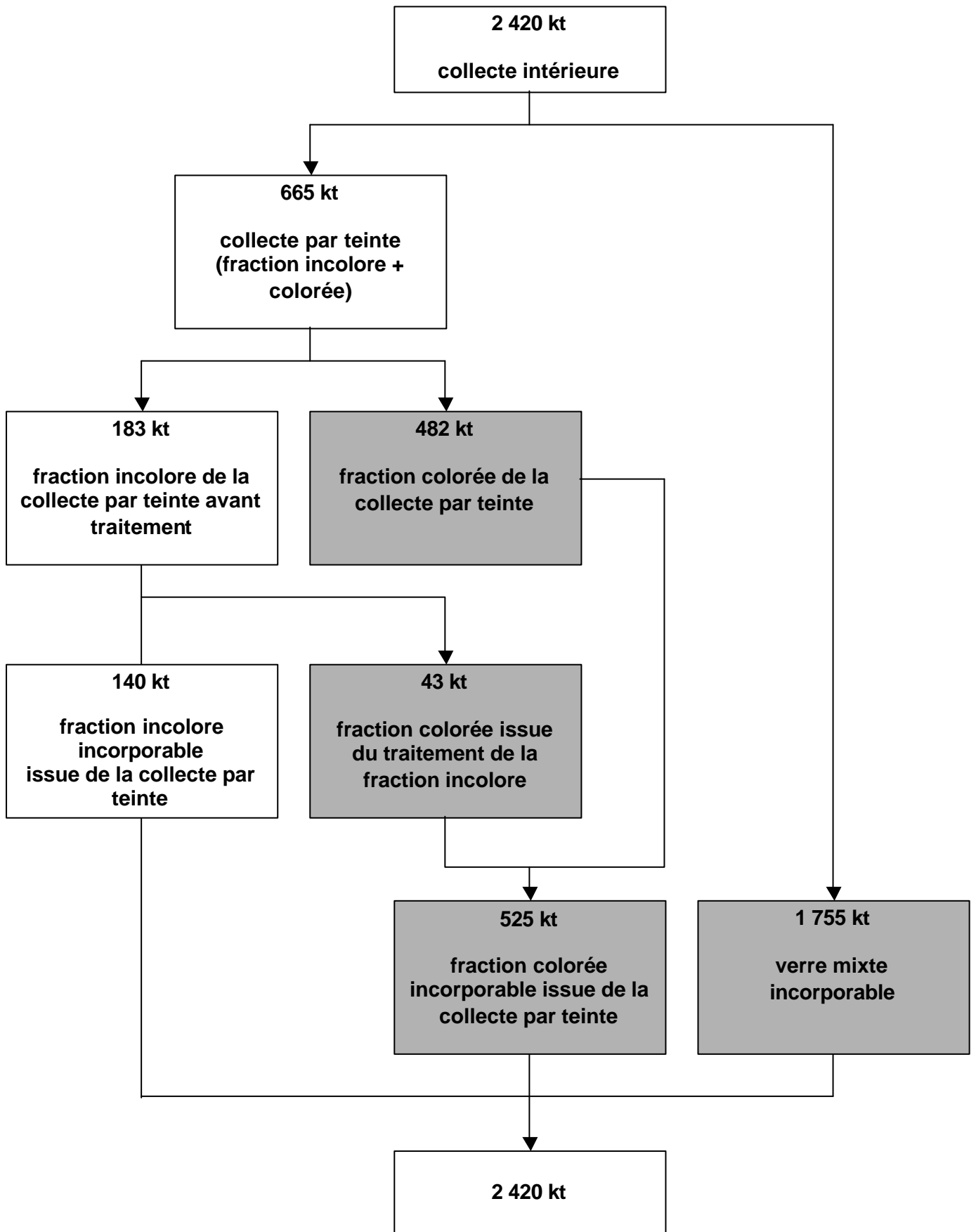
1. Tri à la source + épuration du verre en installation adaptée ⁽¹⁰⁾ ;
2. Tri à la source + épuration du verre en installation dédiée ;
3. Collecte en mélange + épuration du verre en installation dédiée.

En option de tri à la source, les surcoûts de collecte sont calculés à partir d'un surcoût par tonne de verre collecté par couleur de 50 F/t (verre coloré + incolore). Les surcoûts de traitement sont calculés par tonne de verre incolore produite, les valeurs de tonnages et de surcoûts étant déterminées à partir du taux moyen de production du verre incolore déterminé ci-avant au prorata des capacités théoriques d'incorporation.

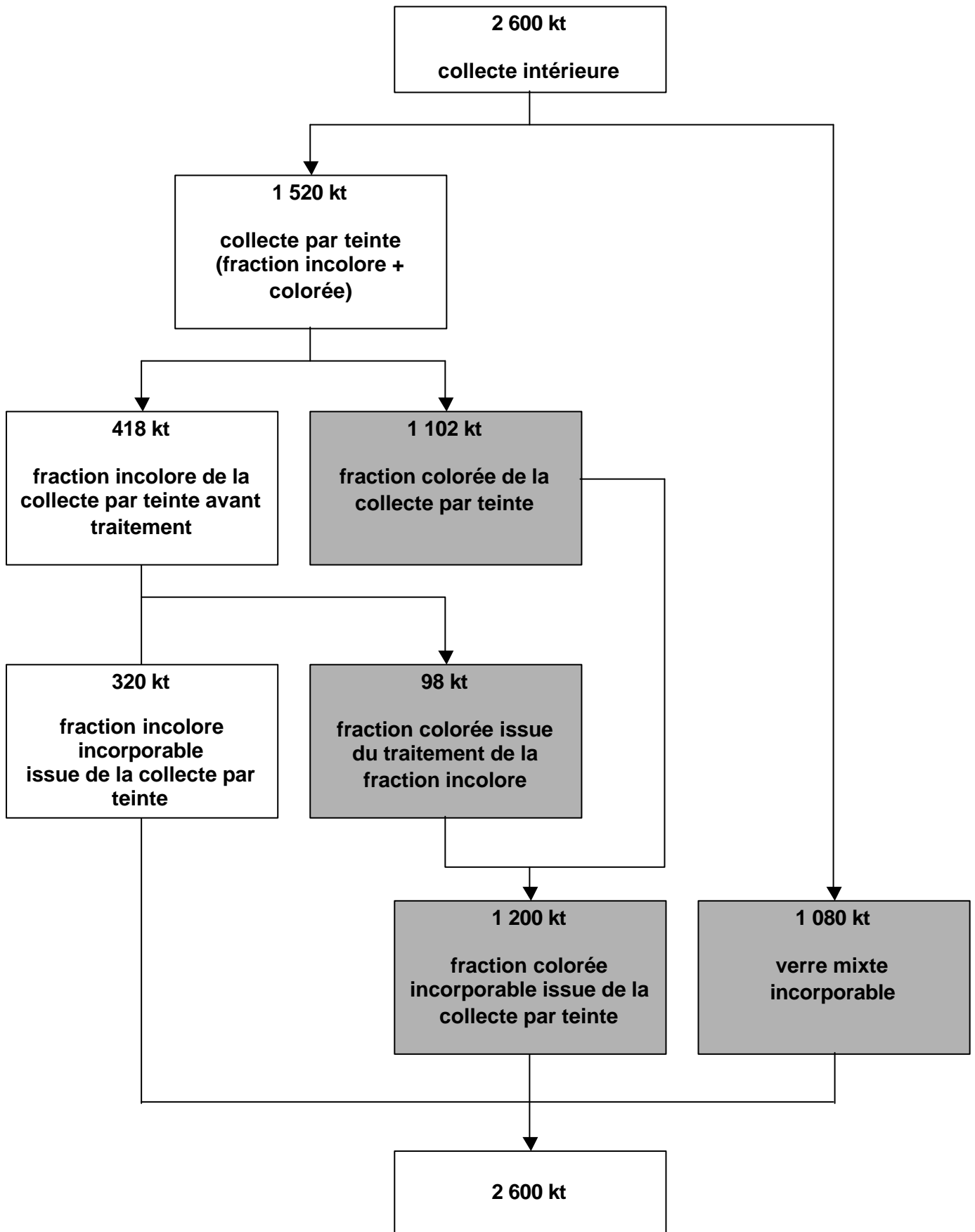
Les surcoûts de transport qui pourraient résulter d'un éloignement accru entre les zones ciblées de collecte par couleur, les centres de traitement et les usines verrières, ne sont pas pris en compte dans le cadre de cette étude.

⁽¹⁰⁾ En option « tri à la source », le traitement en installations existantes non adaptées au traitement du verre par couleur permet uniquement de produire du verre incolore incorporable en teinte « Feuille Morte ». Ce cas de figure n'a donc pas été retenu dans le cadre des scénarios construits avec affectation du verre incolore au prorata des capacités d'incorporation par teinte produite.

Ventilation de la collecte intérieure de verre d'emballage en 2006 en option de tri à la source, pour un objectif de taux de recyclage de 65% :



Ventilation de la collecte intérieure de verre d'emballage en 2006 en option de tri à la source, pour un objectif de taux de recyclage de 70% :



**Population à desservir pour atteindre les objectifs de recyclage en 2006 en fonction des options de tri,
dans l'hypothèse de l'affectation du verre incolore au prorata des capacités théoriques d'incorporation**

Paramètres	Unités	TAUX DE RECYCLAGE 65%			TAUX DE RECYCLAGE 70%		
		TRI A LA SOURCE + installations adaptées	TRI A LA SOURCE + installations dédiées	COLLECTE EN MELANGE + TRAITEMENT PAR COULEUR	TRI A LA SOURCE + installations adaptées	TRI A LA SOURCE + installations dédiées	COLLECTE EN MELANGE + TRAITEMENT PAR COULEUR
Tonnage de la collecte intérieure de verre d'emballage	kt/an	2 420	2 420	2 420	2 600	2 600	2 600
dont tonnage de verre incolore à incorporer	kt/an	140	140	140	320	320	320
Taux de production du verre incolore en épuration	%	76,6%	76,6%	-	76,6%	76,6%	-
Tonnage de verre incolore à collecter de manière séparée	kt/an	183	183	-	418	418	-
Part de la fraction incolore dans le verre collecté par couleur	%	27,5%	27,5%	-	27,5%	27,5%	-
Tonnage total de verre d'emballage à collecter par couleur	kt/an	665	665	-	1 520	1 520	-
Nombre d'habitants desservis par la collecte du verre par couleur	millions	17	17	-	35	35	-
Part de la collecte intérieure de verre d'emballage collectée par couleur	%	27%	27%	-	58%	58%	-
Taux de production du verre incolore en démélange	%	-	-	8,6%	-	-	8,6%
Tonnage de verre d'emballage à traiter par couleur (démélange)	kt/an	-	-	1 630	-	-	3 725
Part de la collecte intérieure de verre d'emballage traitée par couleur (démélange)	%	-	-	67%	-	-	143%

⊘ En option « tri à la source », le traitement en installations existantes non adaptées au traitement du verre par couleur permet uniquement de produire du verre incolore incorporable en teinte « Feuille Morte ». Ce cas de figure n'a donc pas été retenu dans le cadre des scénarios construits avec affectation du verre incolore au prorata des capacités d'incorporation par teinte produite.

⊘ Un objectif de taux de recyclage de 70% en 2006 impose l'option de tri à la source ; en effet, l'option « collecte en mélange + traitement par couleur » nécessiterait de collecter un tonnage annuel 1,45 supérieur au tonnage correspondant à l'objectif de taux de recyclage.

**Surcoûts de tri par couleur pour atteindre les objectifs de recyclage en 2006 en fonction des options de tri,
dans l'hypothèse de l'affectation du verre incolore au prorata des capacités théoriques**

Paramètres	Unités	TAUX DE RECYCLAGE 65%			TAUX DE RECYCLAGE 70%		
		TRI A LA SOURCE + installations adaptées	TRI A LA SOURCE + installations dédiées	COLLECTE EN MELANGE + TRAITEMENT PAR COULEUR	TRI A LA SOURCE + installations adaptées	TRI A LA SOURCE + installations dédiées	COLLECTE EN MELANGE + TRAITEMENT PAR COULEUR
Surcoût moyen de collecte par tonne incolore collectée	F/t	50 F/t	50 F/t	-	50 F/t	50 F/t	-
Tonnage annuel de verre collecté par couleur	kt/an	665	665	-	1 520	1 520	-
Surcoûts de collecte	MF/an	33 MF	33 MF	-	76 MF	76 MF	-
Surcoût moyen de traitement par tonne de verre incolore produite	F/t	81 F/t	24 F/t	443 F/t	81 F/t	24 F/t	443 F/t
Tonnage annuel de verre incolore produit	kt/an	140	140	140	320	320	320
Surcoûts de traitement	MF/an	11 MF	3 MF	62 MF	26 MF	8 MF	142 MF
Surcoûts logistiques	MF/an	non chiffrés			non chiffrés		
Surcoût total du tri par couleur (*)	MF/an	45 MF	37 MF	62 MF	102 MF	84 MF	142 MF
Surcoût total par tonne de verre incolore produite (*)	F/t	319 F/t	262 F/t	443 F/t	319 F/t	262 F/t	443 F/t

(*) Hors surcoûts logistiques, non chiffrés dans le cadre de cette étude.

⊘ Hors surcoûts éventuels de transport, l'option « collecte en mélange + traitement par couleur en centre de traitement » (tri intégré) entraîne une dépense annuelle 1,5 fois supérieure par comparaison avec l'option « tri à la source + épuration en centre de traitement ».

CONCLUSIONS

LA COLLECTE DU VERRE PAR COULEUR AVEC TRI A LA SOURCE A ETE MISE EN PLACE DES L'ORIGINE PAR BON NOMBRE DE PAYS EUROPEENS COMME PAR EXEMPLE LA BELGIQUE, L'ALLEMAGNE, LA HOLLANDE. COMPTE TENU DE LA FAIBLE PROPORTION DE VERRE INCOLORE DANS LA CONSOMMATION EN 1974, LA FRANCE A CHOISI A L'EPOQUE DE COLLECTER LE VERRE EN MELANGE. CEPENDANT, DEPUIS 1996 CERTAINES COLLECTIVITES LOCALES COLLECTENT LE VERRE INCOLORE SEPAREMENT, CE QUI REPRESENTE EN 2000 1,7 MILLION D'HABITANTS DESSERVIS.

LE RECOURS AUX CAPACITES DE RECYCLAGE DU VERRE INCOLORE PEUT PERMETTRE DE REPENDRE A LA PROCHAINE SATURATION DES CAPACITES D'INCORPORATION DU VERRE EN MELANGE

Au rythme tendanciel de croissance de la collecte intérieure de verre d'emballage (+ 85 kt/an), un taux de recyclage de la consommation de 60% devrait être atteint en 2006 (soit 2,2 Mt/an de collecte intérieure). Ce taux de recyclage correspond à la saturation des capacités d'incorporation du verre mixte dans les usines verrières françaises en 2006, en supposant entièrement libérées les capacités qui sont actuellement affectées au recyclage du verre plat et du verre importé.

En tenant compte des contraintes industrielles d'approvisionnement propres à chaque usine, la saturation de fait des capacités d'incorporation du verre mixte à l'horizon 2003-2004 s'affirme comme une perspective réaliste. L'élargissement des capacités de recyclage constitue, dans ce contexte, une nécessité urgente. De plus, la part de verre incolore dans la consommation a sensiblement augmentée pour atteindre 32% en 2000.

Les capacités d'incorporation du verre incolore, sont de l'ordre de 340 kt/an . Compte tenu des exigences du marché français orienté sur du verre dit « extra blanc », le verre incolore collecté séparément permettrait principalement d'augmenter le taux de verre recyclé dans la production des teintes « Feuille Morte » et « Brun- jaune ».

Aujourd'hui la collecte intérieure produit 12 kt/an de verre incolore. La saturation complète des capacités nationales d'incorporation du verre d'emballage (coloré + incolore) ne permet pas de dépasser, à évolution de la consommation et de la production de verre d'emballage constante, un taux de recyclage de l'ordre de 70%.

Certains pays européens ont saturé leurs capacités d'incorporation du verre mixte ; tout accroissement des objectifs de recyclage au niveau européen comporte le risque de déstabiliser les équilibres économiques du recyclage du verre d'emballage. Cette conjoncture renforce le caractère urgent du développement de l'utilisation en France, des capacités d'incorporation du verre incolore.

**LA COLLECTE PAR COULEUR AVEC TRI A LA SOURCE PUIS EPURATION DE LA FRACTION INCOLORE
PRESENTE AUJOURD'HUI LA MEILLEURE EFFICACITE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE**

L'option « tri à la source » permet un taux de récupération du verre incolore de 75%, contre 30% en démélange (quantité de verre incolore produite, rapportée à la quantité de verre incolore présente dans la collecte de verre d'emballage). En tout état de cause, le démélange ne permettrait pas d'atteindre un objectif de recyclage de 70%.

L'option « tri à la source » est 1,5 fois à 2 fois moins coûteuse par tonne de verre incolore produite que l'option de démélange.

POPULATION A CONCERNER EN FONCTION DE L'OBJECTIF A ATTEINDRE

Atteindre un objectif de taux de recyclage de 60% en 2006 nécessiterait de desservir environ 6 millions d'habitants par le tri du verre par couleur, représentant en 2006 un surcoût complet (hors aides) de collecte et de traitement de 9 à 19 MF.

Atteindre un objectif de taux de recyclage de 65% en 2006 nécessiterait de desservir 17 millions d'habitants (soit 27% de la population métropolitaine), représentant en 2006 un surcoût complet (hors aides) de collecte et de traitement de 27 à 54 MF.

Atteindre un objectif de taux de recyclage de 70% en 2006 supposerait un effort de collecte très important avec une croissance de la collecte intérieure deux fois plus importante que celle observée sur les dernières années. Cet objectif nécessiterait en outre de desservir près de 60% de la population métropolitaine (soit 35 millions d'habitants), représentant en 2006 un surcoût complet (hors aides) de collecte et de traitement de 63 à 123 MF.

**LA MISE EN PLACE DE LA COLLECTE PAR COULEUR DEVRAIT CONTRIBUER NATURELLEMENT A UN
ACCROISSEMENT DES PERFORMANCES DE COLLECTE PAR HABITANT**

La mise en place du tri à la source peut se faire à l'aide de conteneurs séparés ou compartimentés. Le choix du système de collecte s'apprécie localement au regard des contextes locaux et des équipements existants.

En toute hypothèse, le passage au tri par couleur permet à l'habitant de mieux identifier le gisement de verre incolore (les pots et bocaux, notamment).

**LE RYTHME ET LA SOUPLESSE D'ADAPTATION DU PARC DES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT SERA
FONCTION DE L'OBJECTIF DE RECYCLAGE FIXE A L'HORIZON 2006**

Jusqu'à un objectif de taux de recyclage de 65%, la production de verre « Feuille Morte » peut incorporer la totalité du verre incolore et se satisfaire du parc d'installations de traitement existantes.

Dans l'hypothèse d'un objectif de taux de recyclage supérieur ou égal à 65%, la solution consistant à affiner dans des installations dédiées le verre incolore trié à la source (traitement en continu, par opposition au traitement par campagne dans les installations existantes) serait à approfondir, en matière de faisabilité technique et économique ; la compétitivité de ce type d'organisation suppose néanmoins que les surcoûts logistiques de concentration des flux sur un nombre restreint d'installations n'excèdent pas le bénéfice de la différence des surcoûts avec le traitement sur des installations existantes, réparties de manière plus homogène sur l'ensemble du territoire national.

ANNEXES

Annexe 1 : Structure par teinte de la consommation de verre d'emballage

La ventilation par teinte de la consommation de verre d'emballage pour l'année 2000 est déterminée sur la base de la structure pour l'année 2000 de la production par teinte de chaque catégorie de verre d'emballage fournie par la CSVMF.

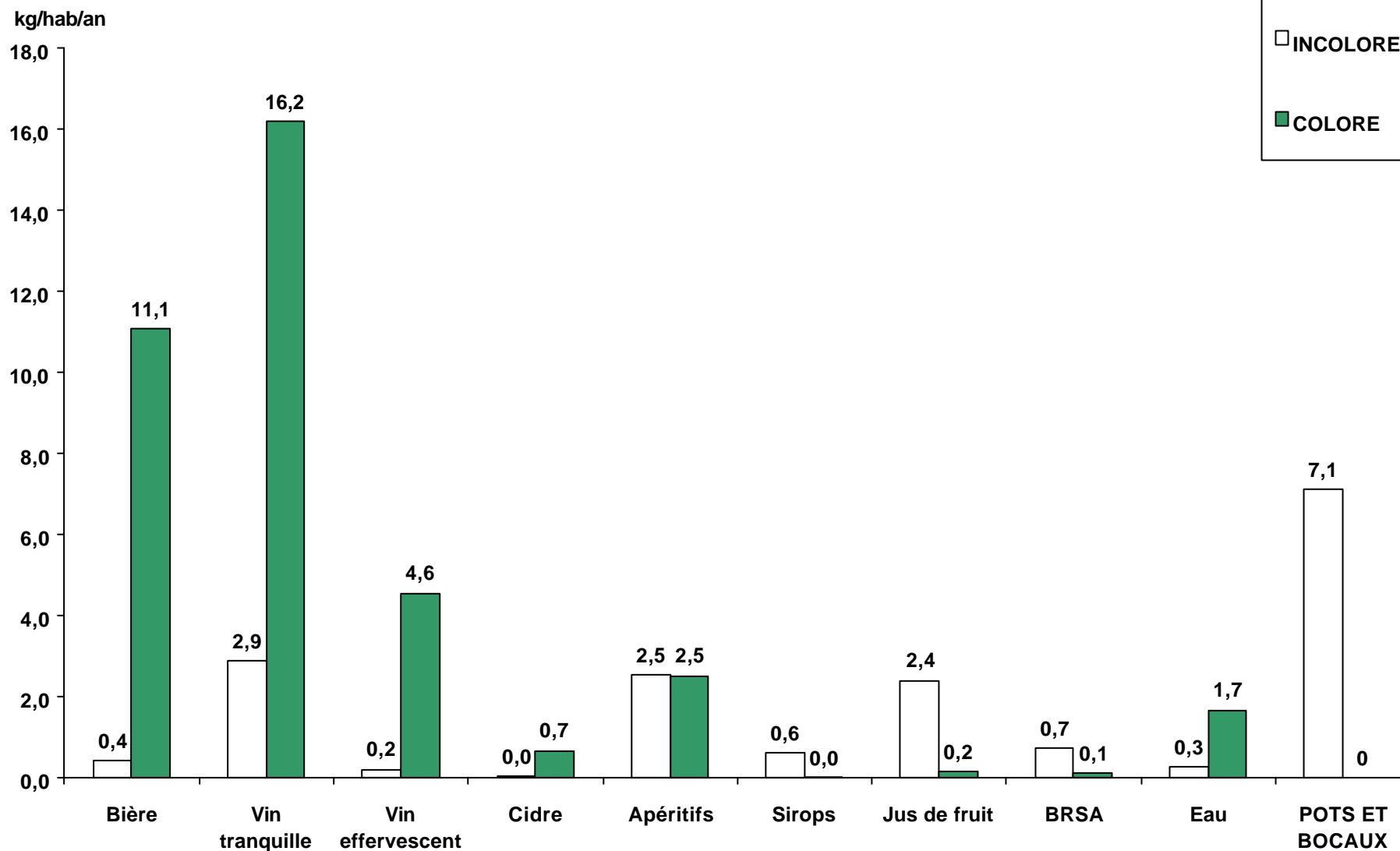
La production prise en compte correspond à la production susceptible d'incorporer du calcin ménager, c'est à dire au périmètre des applications verrières potentielles du gisement de verre d'emballage ciblé.

Ventilation par teinte de la production des usines incorporant du verre d'emballage :

Production par teinte	%
Vert	54%
Feuille morte	15%
Brun, jaune	4%
Blanc	27%
TOTAL	100%

Source : CSVMF (2001).

Structure détaillée par produit de la production de verre d'emballage par teinte fabriquée (2000)
Structure détaillée par produit et par teinte du gisement ciblé de verre d'emballage en 2000
 (kg/hab/an, Ménages + hors foyer)



Les résultats peuvent enfin être consolidés en deux catégories de teintes principales :

1. Coloré : verre « vert » + « feuille morte » + « brun / jaune » ;
2. Incolore : verre blanc.

Consommation de verre d'emballage ciblé par teinte, exprimée en kg / habitant / an pour l'année 2000 (Ménages + hors foyer) :

PRODUITS	kg/hab/an COLORE	kg/hab/an INCOLORE	kg/hab/an TOTAL
BIERE	11,1	0,4	11,5
VINS TRANQUILLES	16,2	2,9	19
VINS EFFERVESCENTS	4,6	0,2	4,8
CIDRE	0,7	-	0,7
APERITIFS / ALCOOLS	2,5	2,5	5,1
SIROPS	0,0	0,6	0,6
JUS DE FRUITS	0,2	2,4	2,6
BRSA	0,1	0,7	0,9
EAU	1,7	0,3	2,0
BOISSONS	37	10	47
POTS ET BOCAUX	-	7	7
TOTAL	37	17	54

Annexe2 : Les sites de traitement et de recyclage du verre

Sites français de traitement du verre :

Etablissements		Département	Commune
1	BRIANE ENVIRONNEMENT	81	ST JUERY
2	GUERIN	42	ANDREZIEUX BOUTHEON
3	GUERIN	69	St FON
4	IPAQ	33	IZON
5	IPAQ	63	PUY GUILLAUME
6	IPAQ	07	LA VILLEDIEU
7	NORD BOUTEILLES	62	CARVIN
8	OSG	76	ST HIGOR D'YMONVILLE
9	PATE	02	CROUY
10	PATE	51	REIMS
11	PATE	88	GIRONCOURT
12	PROVER	62	WINGLES
13	SAMIN	02	ROZET ST ALBIN
14	SAMIN	16	CHATEAUBERNARD
15	SRT	16	COGNAC
16	SOLOVER	42	ST ROMAIN LE PUY
17	SOLOVER	71	CHAMPFORGEUIL
18	SORECA	42	ST ROMAIN LE PUY
19	TLS ENVIRONNEMENT	13	MARSEILLE
20	VIAL Louis	30	VERGEZE
21	VIAL Louis	42	ST ROMAIN LE PUY

Source : CYCLEM, 2001.

Usines verrières françaises utilisatrices du verre traité :

Etablissements		Département	Commune
1	VERRERIE DU LANGUEDOC	30	VERGEZE
2	VMC	69	GIVORS
3	VMC	51	REIMS
4	VOA	42	ALBI
5	SGE	71	CHALON S/SAONE
6	SGE	16	COGNAC
7	SGE	42	ST ROMAIN LE PUY
8	SGE	02	VAUXROT
9	SGE	51	OIRY
10	SGE	01	LAGNIEU
11	BSN	62	WINGLES
12	BSN	88	GIRONCOURT
13	BSN	34	BEZIERS
14	BSN	51	REIMS
15	BSN	63	PUY GUILLAUME
16	BSN	33	VAYRES
17	BSN	42	VEAUCHE
18	BSN	07	LABEGUDE
19	TOURRES	76	GRAVILLE
20	SAVERGLASS (hors CSVMF)	60	FEUQUIERES

Source : CSVMF, 2001.

Annexe 3. Répartition par couleur de la production de verre d'emballage en Europe en 1994

Pays	Répartition par couleur de la production de verre d'emballage			
	VERT	FEUILLE MORTE	BRUN JAUNE	BLANC
ALLEMAGNE	25%	-	20%	55%
ESPAGNE	50%	-	20%	30%
FRANCE	54%	15%	4%	27%
ITALIE	35%	-	10%	55%
PAYS BAS	45%	-	10%	45%
SUISSE	35%	5%	25%	35%

Source : ADEME, *Etude technico-économique comparée des cours du calcin en Europe (1994)*, excepté concernant la France (CSVMF, 2001).

Annexe 4 : Coûts horaires de collecte, selon le type de véhicule

Type de véhicule	camion grue	camion grue + remorque polybenne
nbre de bennes par véhicule	1	2
contenance utile par benne (m3)	30	30
charge utile maxi (tonnes)	12	24
nbre d'heures de collecte par jour (heures)	8	8
nbre d'heures annuelles de fonctionnement (h/an)	2 080	2 080
montant investissement châssis (kF)	350	450
durée amortissement (années)	5	5
dotation annuelle amortissement châssis (kF/an)	70	90
montant investissement polybenne (kF)	150	150
durée amortissement (années)	5	5
dotation annuelle amortissement polybenne (kF/an)	30	30
montant investissement remorque (kF)	0	150
durée amortissement (années)	5	5
dotation annuelle amortissement remorque (kF/an)	0	30
montant investissement grue (kF)	250	250
durée amortissement (années)	5	5
dotation annuelle amortissement grue (kF/an)	50	50
montant investissement bennes (kF)	50	100
durée amortissement (années)	5	5
dotation annuelle amortissement bennes (kF/an)	10	20
montant total investissement (kF)	800	1 100
dotation annuelle amortissement (kF/an)	160	220
coût horaire de dotation amortissement (F/h)	77	106
coefficient d'entretien (% montant investissement)	5%	5%
dépense annuelle d'entretien (kF/an)	40	55
coût horaire d'entretien (F/h)	19	26
consommation moyenne horaire (litres / heure)	11	14
coût d'achat unitaire du carburant (F / litre)	5	5
dépense annuelle consommation carburant (kF/an)	115	148
coût horaire de consommation carburant (F/h)	56	71
nbre de conducteurs (etp)	1,2	1,2
coût employeur annuel par conducteur (kF/an)	180	200
dépense annuelle main d'oeuvre conducteur	214	238
coût horaire de main d'oeuvre conducteur (F/h)	103	114
coefficient de frais de gestion, assurances (%)	10%	10%
frais annuels de gestion, assurances (kF/an)	53	66
coût horaire de frais de gestion (F/h)	25	32
coût horaire complet (F/h)	280	350

Annexe 5 : Résultats des études de cas du « tri à la source »

1) SYNTHÈSE DES RÉSULTATS :

- 1. Synthèse des résultats des études de cas**
- 2. Contextes, milieux desservis**
- 3. Options et schémas techniques de collecte**
- 4. Détails sur les contenants**
- 5. Tonnages collectés par teinte (2000)**
- 6. Ratios de collecte par habitant et par an (2000)**
- 7. Parts relatives des tonnages collectés par teinte (2000)**

2) DETAIL DES COÛTS DU TRI A LA SOURCE POUR LES 8 ETUDES DE CAS

1. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Paramètres	unités	A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Milieu	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi rural	semi urbain
Date de démarrage	Trimestre	4 T 1999	1 T 2000	3 T 1999	4 T 1996	1 T 2000	3 T 1996	4T 1999	3 T 1998
Population desservie	Nbre habitants	38 825	34 339	66 246	26 035	54 120	238 000	121 722	37 415
dont collectée par couleur	Nbre habitants	34 554	23 081	66 246	26 035	54 120	238 000	121 722	37 415
Mode de collecte du verre	AV / PAP / Mixte	AV	Mixte	Mixte	AV	Mixte	AV	Mixte	AV
dont collecte par couleur	AV / PAP / Mixte	AV	AV	Mixte	AV	AV	AV	AV	AV
Type de contenant	séparé / compartimenté	compartimenté	séparé	séparé	séparé	compartimenté	séparé	compartimenté	compartimenté
Type de collecte	séparée / simultanée	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
Nbre de points d'apport volontaire	Nbre PAV	143	89	172	60	107	410	143	33
Nbre d'habitants / PAV	Nbre hab / PAV	270 hab	385 hab	385 hab	430 hab	500 hab	580 hab	850 hab	1 150 hab
Verre mixte collecté	t/an	191	373	0	0	380	0	4 091	0
Verre coloré collecté	t/an	1 081	636	1 640	800	644	4 006	559	300
Verre incolore collecté	t/an	393	104	784	195	128	1 908	70	87
Tonnage total collecté	t/an	1 666	1 113	2 424	995	1 152	5 914	4 721	387
Ratio de collecte par habitant	kg/hab/an	42,9	32,4	36,6	38,2	21,3	24,8	38,8	10,3
dont verre par couleur	kg/hab/an	42,7	32,0	36,6	38,2	14,3	24,8	5,2	10,3
dont verre incolore	kg/hab/an	11,4	4,5	11,8	7,5	2,4	8,0	0,6	2,3
% incolore / verre par couleur	%	27%	14%	32%	20%	17%	32%	11%	23%
Tonnage horaire AV couleur	t/h	1,2	1,4	1,4	1,6	3,6	1,9	2,6	3,0
Tonnage horaire AV incolore	t/h	1,2	0,6	1,0	1,6		1,9		
Rupture de charge	oui / non	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI (PAP)	NON
Coûts de communication	F/t (H.T)	44	21	42	45	73	18	17	79
Coûts de gestion des contenants	F/t (H.T)	149	234	152	192	196	234	435	100
Coûts de collecte	F/t (H.T)	233	222	264	175	199	154	292	152
Coûts de transport	F/t (H.T)	30	36	40	0	20	30	17	0
S/Total coût complet	F/t (H.T)	456	513	498	412	488	437	761	331
Aides à l'investissement	F/t	87	138	90	135	116	122	257	53
Recette marchande	F/t	150	150	150	175	150	150	150	150
Soutien à la tonne triée	F/t	37	38	45	39	25	27	75	20
S/Total recettes + aides	F/t	274	326	285	349	291	300	482	223
Coût aidé par tonne collectée	F/t (H.T)	182	187	213	64	198	137	279	109
Coût aidé par habitant	F/habitant (H.T)	7,8	6,1	7,8	2,4	4,2	3,4	10,8	1,1

N.B : Les aides à la communication ne sont pas prises en compte dans le coût aidé

SYNTHESE DES RESULTATS

2. Contextes, milieux desservis

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Population année 2000	Nbre habitants	38 825 hab	34 339 hab	66 246 hab	26 035 hab	54 120 hab	280 000 hab	121 722 hab	37 415 hab
% habitat collectif	% de la population	5%	10%	25%	5%	25%	30%	10%	55%
Contexte de passage au verre couleur	choix / motivations	mise en place CS MultiMat AV et PAP	mise en place CS MultiMat et densification AV	densification Apport Volontaire	densification Apport Volontaire	gestion du verre hors mélange CS MultiMat PAP	mise en place CS MultiMat AV	passage au verre PAP avec CS MultiMat	mise en place CS PAP et densification AV
Périodes de démarrage de la collecte du verre couleur	date	4ème Trim 99	1er Trim 00	3ème Trim 99	4ème Trim 96	1er Trim 00	3ème Trim 96	4ème Trim 99	3ème Trim 98
	phases	1 phase	1 phase	2 phases : juin 99 et juin 2000	1 phase	1 phase	4 phases : 1996 - 1999	4 phases : 1999 - 2000	1 phase
Population desservie par couleur année 2000	Nbre habitants	34 554 hab	23 081 hab	66 246 hab	26 035 hab	54 120 hab	280 000 hab	121 722 hab	37 415 hab
	% Population desservie	89%	67%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Choix technique de collecte du verre par couleur	Choix technique	collecte compartimentée AV	PAP en mélange existante + collecte séparée AV	collecte PAP séparée en bacs de regroupement + collecte séparée AV	collecte séparée AV	arrêt du verre PAP et collecte compartimentée AV	collecte séparée AV	mise en place PAP en mélange + collecte séparée AV	collecte compartimentée AV
Type de collecte du verre par couleur	Mode de collecte	Apport volontaire	Apport volontaire	Porte à porte + Apport volontaire	Apport volontaire	Apport volontaire	Apport volontaire	Apport volontaire	Apport volontaire
	Type de contenants	compartimentés	séparés	séparés	séparés	compartimentés	séparés	compartimentés	compartimentés

SYNTHESE DES RESULTATS

3. Options et schémas techniques de collecte

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Mode de collecte du verre	PAP/AV	AV couleur	PAP + AV couleur	PAP couleur + AV couleur	AV couleur	AV couleur	AV couleur	PAP + AV couleur	AV couleur
Type de collecte du verre par couleur	Type de contenant	compartimenté	séparé	séparé	séparé	compartimenté	séparé	compartimenté	compartimenté
	Modalités de collecte	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
Dotation PAV / habitant (avant / avec Verre couleur)	avant Verre couleur	300 hab	800 hab	1 100 hab	870 hab	1 800 hab	1 750 hab	1 600 hab	5 350 hab
	avec tri couleur (année 2000)	270 hab	385 hab	385 hab	430 hab	500 hab	580 hab	850 hab	1 150 hab
Modalités de vidage	fixe / selon remplissage / variable	selon remplissage	fixe / selon remplissage	fixe / selon remplissage	fixe / selon remplissage	centre ville : fixe autres : variable	fixe / selon remplissage	variable	selon remplissage
Fréquence hebdomadaire de collecte	AV	C 0,25	C 0,25	C 0,25	C 0,4 à C 0,1	C 0,25	C 0,5 v. coloré C 0,25 v. incol.	C 0,15	C 0,25
	PAP	-	C 0,25	C 1 à C 0,5	-	-	-	C 1 à C 0,25	-
Equipements de collecte	Type de véhicule	camion grue	camion grue	camion grue + BOM	camion grue	camion grue	camion grue	camion grue	camion grue
	Type de benne	simple	simple	simple	simple	compartimentée	simple	compartimentée	compartimentée
	m3 / benne	25	40 et 30	20	20	40	35	60	60
Rupture de charge	oui / non	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui (PAP)	non

SYNTHESE DES RESULTATS

4. Détails sur les contenants

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Mode de collecte	PAP/AV	AV couleur	PAP + AV couleur	PAP couleur + AV couleur	AV couleur	AV couleur	AV couleur	PAP + AV couleur	AV couleur
Type de collecte du verre par couleur	Type de contenants	compartimentés	séparés	séparés	séparés	compartimentés	séparés	compartimentés	compartimentés
	Type de collecte	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
APPORT VOLONTAIRE Dotation en contenants Verre couleur (année 2000)	type BAPV	bi-compartimenté	séparé	PAP séparé + AV séparé	séparé	bi-compartimenté	séparé	bi-compartimenté	tri-compartimenté
	modèle BAPV	ECO VERT	SNN	PLASTIC OMNIUM	ECO VERT	SNN	ECO VERT SNN	UTPM	GLINT TRIGLO
	contenance utile	3 + 1 m3	2,5 m3 1,5 m3	4 m3 2,5 m3	3 m3 x 2	2,5 + 1,5 m3 centre ville 1,5 + 1 m3	3 m3 x 2 1,5 m3 x 2	2,3 + 1,2 m3	1,35 m3 x 2 + 0,9 m3
	Nbre (2000)	123	96 + 96	172 + 173	60 + 60	40 + 67	730 + 104	143	33
Dotation en points d'apport (2000)	Nbre points d'aport	143	89	172	60	107	410	143	33
	Nbre hab / PAV	270 hab	385 hab	385 hab	430 hab	500 hab	580 hab	850 hab	1 150 hab
Niveau de service	Insonorisation	non	oui	non	non	oui	oui	non	oui
	Entretien	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	non
PORTE A PORTE Dotation en contenants Verre couleur (année 2000)	type	-	verre mélange PAP	bacs de regroupement couleur	-	verre mélange dans PAP	-	verre mélange PAP	-
	modèle	-	au sol	PLASTIC OMNIUM	-	-	-	CITEC	-
	contenance utile	-	-	C 340 et 660 litres BI 340 litres	-	-	-	35 à 340 litres, dont operculés	-
	Nbre (2000)	-	-	149 bacs x 2	-	-	-	41 000 bacs	-

SYNTHESE DES RESULTATS
5. Tonnages collectés par teinte (2000)

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Mode de collecte	PAP/AV	AV couleur	PAP + AV couleur	PAP couleur + AV couleur	AV couleur	AV couleur	AV couleur	PAP + AV couleur	AV couleur
Type de collecte du verre par couleur	Type de contenants	compartimentés	séparés	séparés	séparés	compartimentés	séparés	compartimentés	compartimentés
	Type de collecte	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
Dotation en points d'apport (2000)	Nbre hab / PAV	270 hab	385 hab	385 hab	430 hab	500 hab	580 hab	850 hab	1 150 hab
Tonnage horaire de collecte du verre par couleur en apport volontaire	Verre couleur	1,2 t/h	1,4 t/h	1,4 t/h	1,6 t/h	2,9 t/h	1,9 t/h	2,6 t/h	2,3 t/h
	Verre incolore	1,2 t/h	1,0 t/h	0,6 t/h	1,6 t/h	0,7 t/h	1,9 t/h	0,5 t/h	0,7 t/h
	Ensemble	1,2 t/h	1,4 t/h	1,2 t/h	1,6 t/h	3,6 t/h	1,9 t/h	3,1 t/h	3,0 t/h
Dernière année couleur	année	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Tonnage de verre collecté par couleur	S/Total Mélange	191	373	0	0	381	0	4 091	0
	Verre couleur	1 081	636	1 640	800	643	4 006	559	299
	Verre incolore	393	104	784	195	128	1 908	70	87
	S/Total par teinte	1 474	740	2 424	995	771	5 914	630	386
	Total	1 666	1 113	2 424	995	1 152	5 914	4 721	386

SYNTHESE DES RESULTATS

6. Ratios de collecte par habitant et par an (2000)

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Dernière année couleur	année	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Mode de collecte du verre	PAP/AV	AV couleur	PAP + AV couleur	PAP couleur + AV couleur	AV couleur	AV couleur	AV couleur	PAP + AV couleur	AV couleur
Type de collecte du verre par couleur	Type de contenant	compartimenté	séparé	séparé	séparé	compartimenté	séparé	compartimenté	compartimenté
	Modalités de collecte	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
Dotation en points d'apport (2000)	Nbre hab / PAV	270 hab	385 hab	385 hab	430 hab	500 hab	580 hab	850 hab	1 150 hab
Population desservie par couleur	Nbre habitants	38825 hab	34339 hab	66246 hab	26035 hab	54120 hab	238000 hab	121722 hab	37415 hab
	dont tri par couleur	34554 hab	23081 hab	66246 hab	26035 hab	54120 hab	238000 hab	121722 hab	37415 hab
	Tx desserte Pop.	89%	67%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ratio de collecte par habitant desservi / an	S/Total Mélange	4,9	10,9	0,0	0,0	7,0	0,0	33,6	0,0
	Verre couleur	27,8	18,5	24,8	30,7	11,9	16,8	4,6	8,0
	Verre incolore	10,1	3,0	11,8	7,5	2,4	8,0	0,6	2,3
	S/Total par teinte	42,7	32,0	36,6	38,2	14,2	24,8	5,2	10,3
	Total kg/hab/an	42,9	32,4	36,6	38,2	21,3	24,8	38,8	10,3

SYNTHESE DES RESULTATS

7. Parts relatives des tonnages collectés par teinte (2000)

INDICATEURS		A	B	C	D	E	F	G	H
Type de milieu	Type	rural	semi rural	semi urbain	semi rural	urbain	semi urbain	semi urbain	semi urbain
Mode de collecte	PAP/AV	AV couleur	PAP + AV couleur	PAP couleur + AV couleur	AV couleur	AV couleur	AV couleur	PAP + AV couleur	AV couleur
Type de collecte du verre par couleur	Type de contenants	compartimentés	séparés	séparés	séparés	compartimentés	séparés	compartimentés	compartimentés
	Type de collecte	séparée	séparée	séparée	séparée	simultanée	séparée	simultanée	simultanée
Dotation en points d'apport (2000)	Nbre hab / PAV	270 hab	385 hab	385 hab	430 hab	500 hab	580 hab	850 hab	1 150 hab
Tonnage de verre collecté par couleur	S/Total verre mixte	191	373	0	0	381	0	4 091	0
	Verre couleur	1 081	636	1 640	800	643	4 006	559	299
	Verre incolore	393	104	784	195	128	1 908	70	87
	S/Total par teinte	1 474	740	2 424	995	771	5 914	630	386
	Total	1 666	1 113	2 424	995	1 152	5 914	4 721	386
Parts relatives de verre collecté	S/Total verre mixte	11%	34%	0%	0%	33%	0%	87%	0%
	Verre couleur	65%	57%	68%	80%	56%	68%	12%	77%
	Verre incolore	24%	9%	32%	20%	11%	32%	1%	23%
	S/Total par teinte	89%	66%	100%	100%	67%	100%	13%	100%
	Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Parts relatives du verre incolore	% incolore / Total	24%	9%	32%	20%	11%	32%	1%	23%
	% incolore / S/Total par teinte	27%	14%	32%	20%	17%	32%	11%	23%

2) DETAILS DES COUTS DE LA COLLECTE DU VERRE PAR COULEUR

Cas A

Mode de collecte du verre par couleur : AV	38825 habitants dont 34554 habitants
Type de contenants : compartimentés	desservis par couleur, soit
Type de collecte : séparée	89% de la population

PARAMETRES / INDICATEURS	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	ENSEMBLE
Nombre d'habitants desservis	38 825	34 554	38 825
Nombre d'habitants par point d'apport	272	272	272
Contenance utile moyenne par contenant	3 m3	1 m3	4 m3
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,3	0,3	-
Tonnage horaire de collecte	1,2 t/h	1,2 t/h	2,4 t/h
Taux de remplissage des contenants	68%	75%	70%
Tonnage annuel collecté	1272 t/an	393 t/an	1666 t/an
% par fraction collectée	76%	24%	100%
Ratio d'apport par habitant desservi	32,8 kg/hab/an	11,4 kg/hab/an	42,9 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	44 F/t	44 F/t	44 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	151 F/t	143 F/t	149 F/t
COUT DE COLLECTE	232 F/t	235 F/t	233 F/t
COUT DE TRANSPORT	30 F/t	30 F/t	30 F/t
COUT COMPLET	457 F/t	452 F/t	456 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	88 F/t	84 F/t	87 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	30 F/t	75 F/t	37 F/t
RECETTE MARCHANDE	150 F/t	150 F/t	150 F/t
COUT AIDE	189 F/t	143 F/t	182 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	6,3 F/habitant	1,5 F/habitant	7,8 F/habitant

Cas B

Mode de collecte du verre par couleur : AV	34339 habitants dont 23081 habitants
Type de contenants : séparés	desservis par couleur, soit
Type de collecte : séparée	67% de la population

PARAMETRES / INDICATEURS	APPORT VOLONTAIRE		PORTE A PORTE	ENSEMBLE
	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	VERRE MIXTE	
Nombre d'habitants desservis	34 339	23 081	11 258	34 339
Nombre d'habitants par point d'apport	386	386	2	-
Contenance utile moyenne par contenant	2,5 m3	1,5 m3	collecte au sol	-
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,25	0,1	0,25	-
Tonnage horaire de collecte	1,4 t/h	0,6 t/h	2,7 t/h	1,4 t/h
Taux de remplissage des contenants	62%	42%	sans objet	59%
Tonnage annuel collecté	735 t/an	104 t/an	273 t/an	1113 t/an
% par fraction collectée	88%	12%	100%	100%
Ratio d'apport par habitant desservi	21,4 kg/hab/an	4,5 kg/hab/an	24,3 kg/hab/an	32,4 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	21 F/t	21 F/t	21 F/t	21 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	237 F/t	830 F/t	0 F/t	234 F/t
COUT DE COLLECTE	140 F/t	432 F/t	225 F/t	222 F/t
COUT DE TRANSPORT	36 F/t	36 F/t	36 F/t	36 F/t
COUT COMPLET	435 F/t	1319 F/t	282 F/t	513 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	140 F/t	490 F/t	-	138 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	30 F/t	75 F/t	46 F/t	38 F/t
RECETTE MARCHANDE	150 F/t	150 F/t	150 F/t	150 F/t
COUT AIDE	115 F/t	604 F/t	86 F/t	187 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	2,5 F/habitant	2,7 F/habitant	2,1 F/habitant	6,1 F/habitant

Cas C

Mode de collecte du verre par couleur : AV + PAP	66246 habitants dont 66246 habitants
Type de contenants : séparés	desservis par couleur, soit
Type de collecte : séparée	100% de la population

PARAMETRES / INDICATEURS	APPORT VOLONTAIRE		PORTE A PORTE		ENSEMBLE
	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	
Nombre d'habitants desservis	66 246	66 246	10 000	10 000	66 246
Nombre d'habitants par point d'apport	386	386	68	68	386
Contenance utile moyenne par contenant	4,0 m3	2,5 m3	340 litres	340 litres	-
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,3	0,3	1	0,5	-
Tonnage horaire de collecte	1,4 t/h	1,0 t/h	0,9 t/h	1,0 t/h	
Taux de remplissage des contenants	44%	35%	26%	30%	37%
Tonnage annuel collecté	1308 t/an	651 t/an	332 t/an	132 t/an	2424 t/an
% par fraction collectée	67%	33%	72%	28%	100%
Ratio d'apport par habitant desservi	19,7 kg/hab/an	9,8 kg/hab/an	33,2 kg/hab/an	13,2 kg/hab/an	36,6 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	42 F/t	42 F/t	42 F/t	42 F/t	42 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	146 F/t	237 F/t	48 F/t	49 F/t	152 F/t
COUT DE COLLECTE	199 F/t	268 F/t	463 F/t	381 F/t	264 F/t
COUT DE TRANSPORT	40 F/t	40 F/t	40 F/t	40 F/t	40 F/t
COUT COMPLET	427 F/t	588 F/t	593 F/t	512 F/t	498 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	48 F/t	24 F/t	12 F/t	5 F/t	90 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	27 F/t	60 F/t	75 F/t	75 F/t	45 F/t
RECETTE MARCHANDE	150 F/t	150 F/t	150 F/t	150 F/t	150 F/t
COUT AIDE	202 F/t	353 F/t	355 F/t	282 F/t	213 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	4,0 F/habitant	3,5 F/habitant	11,8 F/habitant	3,7 F/habitant	7,8 F/habitant

Cas D

Mode de collecte du verre par couleur : AV	26035 habitants dont 26035 habitants
Type de contenants : séparés	desservis par couleur, soit
Type de collecte : séparée	100% de la population

PARAMETRES / INDICATEURS	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	ENSEMBLE
Nombre d'habitants desservis	26 035	26 035	26035
Nombre d'habitants par point d'apport	434	434	434
Contenance utile moyenne par contenant	3 m3	3 m3	3 m3
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,365	0,1	-
Tonnage horaire de collecte	1,6 t/h	1,6 t/h	1,6 t/h
Taux de remplissage des contenants	71%	70%	71%
Tonnage annuel collecté	800 t/an	195 t/an	995 t/an
% par fraction collectée	80%	20%	100%
Ratio d'apport par habitant desservi	30,7 kg/hab/an	7,5 kg/hab/an	38,2 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	45 F/t	45 F/t	45 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	119 F/t	489 F/t	192 F/t
COUT DE COLLECTE	175 F/t	178 F/t	175 F/t
COUT DE TRANSPORT	0 F/t	0 F/t	0 F/t
COUT COMPLET	339 F/t	712 F/t	412 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	84 F/t	344 F/t	135 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	30 F/t	75 F/t	39 F/t
RECETTE MARCHANDE	175 F/t	175 F/t	175 F/t
COUT AIDE	51 F/t	118 F/t	64 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	1,6 F/habitant	0,8 F/habitant	2,4 F/habitant

Cas E

<p>Mode de collecte du verre par couleur : AV Type de contenants : compartimentés Type de collecte : simultanée</p>	<p>54120 habitants dont 54120 habitants desservis par couleur, soit 100% de la population</p>
---	---

PARAMETRES / INDICATEURS	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	ENSEMBLE
Nombre d'habitants desservis	54 120	54 120	54 120
Nombre d'habitants par point d'apport	506	506	506
Contenance utile moyenne par contenant	1,6 m3	0,9 m3	2,5 m3
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,25	0,25	-
Tonnage horaire de collecte	2,9 t/h	0,7 t/h	3,6 t/h
Taux de remplissage des contenants	66%	21%	61%
Tonnage annuel collecté	1024 t/an	128 t/an	1152 t/an
% par fraction collectée	89%	11%	100%
Ratio d'apport par habitant desservi	18,9 kg/hab/an	2,4 kg/hab/an	21,3 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	73 F/t	73 F/t	73 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	143 F/t	622 F/t	196 F/t
COUT DE COLLECTE	173 F/t	411 F/t	199 F/t
COUT DE TRANSPORT	20 F/t	20 F/t	20 F/t
COUT COMPLET	408 F/t	1126 F/t	488 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	84 F/t	367 F/t	116 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	23 F/t	37 F/t	25 F/t
RECETTE MARCHANDE	150 F/t	150 F/t	150 F/t
COUT AIDE	151 F/t	572 F/t	198 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	2,9 F/habitant	1,4 F/habitant	4,2 F/habitant

Cas F

<p>Mode de collecte du verre par couleur : AV Type de contenants : séparés Type de collecte : séparée</p>	<p>238000 habitants dont 238000 habitants desservis par couleur, soit 100% de la population</p>
---	---

PARAMETRES / INDICATEURS	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	ENSEMBLE
Nombre d'habitants desservis	238 000	238 000	238 000
Nombre d'habitants par point d'apport	580	580	580
Contenance utile moyenne par contenant	2,8 m3	2,8 m3	2,8 m3
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,3	0,15	-
Tonnage horaire de collecte	2 t/h	2 t/h	2 t/h
Taux de remplissage des contenants	66%	64%	65%
Tonnage annuel collecté	4006 t/an	1908 t/an	5914 t/an
% par fraction collectée	68%	32%	100%
Ratio de collecte du verre par habitant	16,8 kg/hab/an	8,0 kg/hab/an	24,8 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	18 F/t	18 F/t	18 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	173 F/t	363 F/t	234 F/t
COUT DE COLLECTE	152 F/t	158 F/t	154 F/t
COUT DE TRANSPORT	30 F/t	30 F/t	30 F/t
COUT COMPLET	373 F/t	570 F/t	437 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	90 F/t	189 F/t	122 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	23 F/t	37 F/t	27 F/t
RECETTE MARCHANDE	150 F/t	150 F/t	150 F/t
COUT AIDE	110 F/t	194 F/t	137 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	1,9 F/habitant	1,5 F/habitant	3,4 F/habitant

Cas G

Mode de collecte du verre par couleur : AV	121722 habitants dont 121722 habitants
Type de contenants : compartimentés	desservis par couleur, soit
Type de collecte : simultanée	100% de la population

PARAMETRES / INDICATEURS	APPORT VOLONTAIRE		PORTE A PORTE	ENSEMBLE
	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	VERRE MIXTE	
Nombre d'habitants desservis	121 722	121 722	121 722	121 722
Nombre d'habitants par point d'apport	851	851	2	-
Contenance utile moyenne par contenant	2,3 m3	1,2 m3	15 litres	-
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,2	0,2	0,5	-
Tonnage horaire de collecte	2,6 t/h	0,5 t/h	1,6 t/h	
Taux de remplissage des contenants	65%	16%	86%	
Tonnage annuel collecté	559 t/an	70 t/an	4091 t/an	4721 t/an
% par fraction collectée	89%	11%	100%	100%
Ratio d'apport par habitant desservi	4,6 kg/hab/an	0,6 kg/hab/an	33,6 kg/hab/an	38,8 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	17 F/t	17 F/t	17 F/t	17 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	277 F/t	1580 F/t	437 F/t	435 F/t
COUT DE COLLECTE	133 F/t	749 F/t	306 F/t	292 F/t
COUT DE TRANSPORT	0 F/t	0 F/t	20 F/t	17 F/t
COUT COMPLET	427 F/t	2345 F/t	779 F/t	761 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	257 F/t	257 F/t	257 F/t	257 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	75 F/t	75 F/t	75 F/t	75 F/t
RECETTE MARCHANDE	150 F/t	150 F/t	150 F/t	150 F/t
COUT AIDE	-55 F/t	1863 F/t	297 F/t	279 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	-0,3 F/habitant	1,1 F/habitant	10,0 F/habitant	10,8 F/habitant

Cas H

Mode de collecte du verre par couleur : AV Type de contenants : compartimentés Type de collecte : simultanée	37415 habitants dont 37415 habitants desservis par couleur, soit 100% de la population
---	---

PARAMETRES / INDICATEURS	VERRE COLORE	VERRE INCOLORE	ENSEMBLE
Nombre d'habitants desservis	37 415	37 415	37 415
Nombre d'habitants par point d'apport	1 134	1 134	1134
Contenance utile moyenne par contenant	2,7 m3	0,9 m3	3,6 m3
Fréquence hebdomadaire de collecte	0,25	0,25	-
Tonnage horaire de collecte	2,3 t/h	0,7 t/h	3,0 t/h
Taux de remplissage des contenants	78%	68%	76%
Tonnage annuel collecté	300 t/an	87 t/an	387 t/an
% par fraction collectée	77%	23%	100%
Ratio d'apport par habitant desservi	8,0 kg/hab/an	2,3 kg/hab/an	10,3 kg/hab/an
COUT DE COMMUNICATION	79 F/t	79 F/t	79 F/t
COUT DE GESTION DES CONTENANTS	97 F/t	111 F/t	100 F/t
COUT DE COLLECTE	152 F/t	152 F/t	152 F/t
COUT DE TRANSPORT	0 F/t	0 F/t	0 F/t
COUT COMPLET	328 F/t	342 F/t	331 F/t
AIDES A L'ACHAT DES CONTENANTS	51 F/t	58 F/t	53 F/t
SOUTIEN A LA TONNE TRIEE	20 F/t	20 F/t	20 F/t
RECETTE MARCHANDE	150 F/t	150 F/t	150 F/t
COUT AIDE	107 F/t	114 F/t	109 F/t
COUT AIDE PAR HABITANT	0,8 F/habitant	0,3 F/habitant	1,1 F/habitant

