

RAPPORT SOMMAIRE

KuRVe

(Recyclage et valorisation des plastiques)

Analyse économique et écologique de systèmes de collecte et de valorisation des plastiques domestiques en Suisse

Commanditaires

Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Office des déchets, des eaux, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich (AWEL)
Office de l'environnement et de l'énergie du canton de Bâle-Ville
Office des eaux et des déchets du canton de Berne (AWA)
Office de l'environnement du canton de Thurgovie
Office de protection de l'environnement et de l'énergie du canton de Bâle-Campagne (AUE)
Service de l'environnement du canton d'Argovie
Office de la nature et de l'environnement du canton des Grisons
Office de l'environnement et de l'énergie du canton de Saint-Gall
Organisation Infrastructures communales (OIC), Berne
cemsuisse, Berne
Swiss Recycling, Zurich
Association suisse des exploitants d'installations de traitements des déchets (ASED), Berne

Auteurs

Fredy Dinkel, Thomas Kägi, Carbotech AG, Zurich
Rainer Bunge, Thomas Pohl, Ariane Stäubli, UMTEC Rapperswil

Bâle, 13/07/2017

Résumé

Le rapport coût-efficacité de la collecte des plastiques par les ménages est faible comparé à la collecte des bouteilles en PET. Les avantages environnementaux sont relativement faibles par rapport aux coûts engendrés. Voici les principaux résultats présentés par le projet Recyclage et Valorisation des Plastiques (KuRVe) qui a été réalisé par l'entreprise Carbotech AG et l'institut UMTEC au nom de l'Office fédéral de l'environnement, de huit cantons et plusieurs associations.

Ces dernières années, outre la collecte des bouteilles en PET, plusieurs nouvelles collectes ont été créées, principalement des collectes privées d'autres déchets plastiques ménagers. Le projet Recyclage et Valorisation des Plastiques (KuRVe) a analysé les avantages environnementaux et les coûts associés des différentes méthodes de valorisation et d'élimination des déchets plastiques ménagers suisses. Le recyclage matière n'est possible que pour une partie des déchets plastiques collectés. La partie inutilisable est éliminée et transformée en énergie dans les cimenteries ou fait l'objet d'un traitement thermique dans une usine d'incinération des ordures ménagères. L'énergie est récupérée sous forme d'électricité et de chaleur. La société Carbotech AG et l'UMTEC (institut de la Haute école de Rapperswil) ont réalisé la présente étude au nom de huit cantons, d'associations diverses et de l'Office fédéral de l'environnement OFEV.

L'étude scientifique conclut que le rapport entre les coûts et les avantages de la collecte séparée des déchets plastiques en Suisse correspond à environ un tiers de l'efficacité du système de recyclage du PET. Certes, une nouvelle collecte des déchets en plastique a des effets positifs sur l'environnement - mais le fonctionnement du système est coûteux. Le bénéfice écologique potentiel d'une nouvelle collecte de matières plastiques est l'équivalent d'un trajet en voiture évité de 30 km par personne et par an.

Une partie des déchets plastiques collectés séparément peut être traitée pour obtenir des matières recyclables et ainsi réintroduites dans l'industrie de la fabrication. Un avantage écologique apparaît également lorsque les résidus de tri non recyclables peuvent être utilisés comme combustible de substitution dans des cimenteries ou bien valorisés thermiquement dans une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) à faible consommation d'énergie. Pour calculer les avantages environnementaux d'un « nouveau » recyclage du plastique, on l'a comparé à la situation actuelle, à savoir l'élimination des déchets plastiques dans les sacs poubelles avec utilisation thermique ultérieure dans une UIOM. Le coût de l'élimination des sacs poubelles, à environ 250 CHF la tonne, est nettement inférieur à celui d'une nouvelle collecte et recyclage du plastique (environ 750 CHF/tonne). Le bénéfice écologique de collecte de plastiques supplémentaires est donc comparativement faible et a un prix.

Les résultats constituent une base pour les prochaines discussions et décisions politiques nécessaires relatives à toute nouvelle collecte séparée de déchets plastiques ménagers.

Table des matières

Résumé	2
1 Situation initiale	4
2 Objectif	5
3 Approche et méthodologie	8
3.1 Analyse du flux des matières	8
3.2 Analyse des coûts	9
3.3 Bilan écologique	11
3.4 Éco-efficacité (SEBI)	12
4 Résultats	13
4.1 Coûts	13
4.2 Écobilan	14
4.3 Éco-efficacité (SEBI)*	16
4.4 Potentiel des collectes mixtes et séparées	18
5 Conclusions	21
6 Glossaire	22
Vue d'ensemble des systèmes de collecte analysés	22
Définitions	22
7 Bibliographie	24
8 Annexe	25

1 Situation initiale

Ce projet a pour objet la valorisation et l'élimination des déchets plastiques des foyers suisses (déchets urbains). Chaque année, environ 1 million de tonnes de plastiques est utilisé en Suisse. Plus de la moitié est introduite dans des produits durables, comme dans l'industrie du bâtiment, les véhicules ou les appareils électriques. Environ un tiers, respectivement 302 000 t ¹(Steiger, 2014) est utilisé pour les emballages (domestiques, hors commerce et industrie). Une partie de cet emballage peut faire l'objet d'une collecte séparée et être transformée. La partie restante étant trop sale, ou bien la fraction ciblée trop incluse dans un matériau composite, il est difficile de la recycler. La Suisse a très tôt adopté un plan de gestion des déchets ménagers selon lequel ces derniers doivent soit être incinérés, soit collectés séparément. C'est pourquoi la valorisation-matière, donc le recyclage des déchets plastiques ménagers n'y a été pas été forcée, contrairement à d'autres pays. Seules les bouteilles en PET ont été exclues de ce plan durant une longue période et sont désormais valorisées en quantités considérables (taux de valorisation > 80%) de façon relativement homogène et sont en grande partie valorisées en produits de haute qualité.

Aujourd'hui, environ 68 000 t de déchets plastiques ménagers font l'objet d'une collecte séparée par an (Seyler, Sommerhalder, & Wolfensberger, 2016)². Les systèmes de collectes de plastiques mis en place à l'étranger permettent quant à eux de collecter une plus grande diversité de types de déchets plastiques, ce qui par conséquent permet de collecter et valoriser des volumes significativement plus importants par personne. Or ce qui pose problème avec le recyclage des déchets plastiques hétérogènes en grandes quantités sont notamment les saletés et la difficulté de séparer proprement les nombreuses catégories de plastiques les unes des autres. Cela conduit à ce qu'une partie de ces plastiques collectés passe, certes, par une « valorisation matière » mais ne peut cependant être utilisée que pour les produits qui ne présentent pas d'avantage écologique notable, resp. une grande quantité de refus est générée qui ne peut être valorisée que thermiquement. Par conséquent, il convient de s'interroger si ce n'est pas plus pertinent, en termes d'écologie et d'économie, de collecter une plus faible quantité de plastique de catégories précises afin de fabriquer des produits de haute qualité.

Différentes actions ont été initiées durant ces dernières années en Suisse afin d'augmenter la valorisation des plastiques. Les bouteilles de lait en PE, par exemple, peuvent ainsi être rapportées depuis longtemps dans le commerce de détail. Les vendeurs au détail suisses ont décidé en 2013 d'étendre cette collecte aux bouteilles en plastique. Celles-ci sont depuis peu également collectées par le secteur public dans différentes régions de la Suisse. Plus récemment, de nombreux systèmes parfois concurrents de collecte de plastiques ont été introduits aussi bien dans le secteur public que privé (entreprises, communes, syndicats). Les systèmes de collecte se différencient considérablement, aussi bien par les fractions collectées que par le coût et le taux de recyclage. Alors que dans un système, des bouteilles de lait en PE peuvent être rendues gratuitement, dans un autre système, par exemple, tous les types des déchets plastiques ménagers peuvent être déposés, toutefois pour un prix de 2,60 CHF par sac de 60 litres. Les systèmes de collecte de plastiques émanent entre autres de la volonté de la population d'accroître la collecte séparée des plastiques. Des études (Schwegler et al., 2015) démontrent qu'un grand nombre de personnes est convaincu que cela apportera une contribution considérable au développement durable.

¹ Des plastiques tels que des corps creux, des barquettes, des films d'emballage ménagers (212 000 t) et des emballages composites (90 000 t) en font partie.

² Dont 50 000 t qui reviennent aux de bouteilles PET (quantité collectée avant triage et traitement). Source : PET Recyclage Suisse, Rapport d'activité 2015 (46 231 t). À cela s'ajoutent encore environ 3 000 t, qui sont collectées par des non-membres du PRS. Les 50 000 t sont également prises en charge (Haupt et al., 2016). Les 18 000 t restantes se composent de déchets plastiques ménagers.

2 Objectif

Entre-temps, les spécialistes eux-mêmes ont du mal à garder un aperçu des différents intervenants, des catégories et quantités de plastique à collecter, des coûts afférents et du type de valorisation de ces plastiques. Aussi, il existe beaucoup d'incertitudes quant à l'avantage écologique de certains systèmes de collectes. Le projet KuRVe avait pour objectif de présenter clairement les différents moyens modernes d'éliminer resp. de valoriser dans le cas de collectes séparées des plastiques. Cela comprend l'analyse des systèmes de collecte des plastiques comme par exemple les différents systèmes de collecte de sacs de collecte, de dépôt dans des centres de collecte ou dans des commerces de détail. Ces moyens de valorisation ont été évalués aussi bien écologiquement (bilan écologique) qu'économiquement. Les résultats et constants obtenus ont été consolidés en se basant sur des bilans écologiques existants. Ainsi une base décisionnelle est créée qui peut permettre de déterminer quel type de valorisation, dans des circonstances données, est préférable d'un point de vue à la fois écologique et économique.

Le projet portait essentiellement sur la clarification des points suivants :

- Quelles sont les collectes de plastiques actuellement réalisées en Suisse pour les déchets ménagers ? (Situation en 2016)
- Quelles quantités sont soumises à la collecte séparée ? Que se passe-t-il avec ces flux massiques et quels coûts y sont associés ?
- Jusqu'où s'élèvent les avantages écologiques de ces collectes et valorisations par rapport au scénario de référence « Valorisation thermique dans une unité moyenne d'incinération des déchets » ?
- Quelles est l'efficacité coûts/bénéfices des différents systèmes ?
- Quels scénarios sont envisageables pour l'avenir et quelle rapport coûts-efficacité présentent-ils ?

Dans le cadre de ces projets, la valorisation et l'élimination d'emballages plastiques provenant des ménages suisses ont été étudiés pour l'année 2016. Les plastiques pour lesquels un autre moyen d'élimination et de valorisation est imposé ont été exclus, comme par exemple pour les déchets électroniques qui contiennent aussi du plastique. En plus des films plastiques agricoles, d'autres produits durables ont également été exclus comme par exemple les produits de construction ou d'ameublement en plastique.

La valorisation et l'élimination d'une tonne de plastiques à courte durée de vie collectée dans les foyers a servi de base de comparaison (unité fonctionnelle). Initialement, les limites du système ont été définies comme suit : de « dépôt dans le système d'élimination » (« ramassage au bord de la route » ou de la reprise dans des bennes de collecte communales ») jusqu'aux « matériaux récupérés dans l'usine de recyclage » resp. jusqu'à « utilisation de l'énergie » et « décharge de mâchefers d'UIOM ». Comme système de référence (base de comparaison), l'élimination du plastique a été envisagée dans une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) moyenne suisse (conformément aux données ASSED³). Les limites du système et une présentation des processus les plus importants sont présentés dans l'illustration 1.

Les résultats de cette étude doivent permettre un dialogue objectif portant sur l'évaluation écologique et économique des systèmes de collecte des plastiques examinés, fondé sur les données actuelles. Une base nécessaire est ainsi fournie aux cantons et aux communes afin de les soutenir dans leur prise de décisions. L'étude vise aussi le public intéressé, qui est un des principaux moteurs des systèmes de collecte de plastiques.

³ Association suisse des exploitants d'installations de traitements des déchets

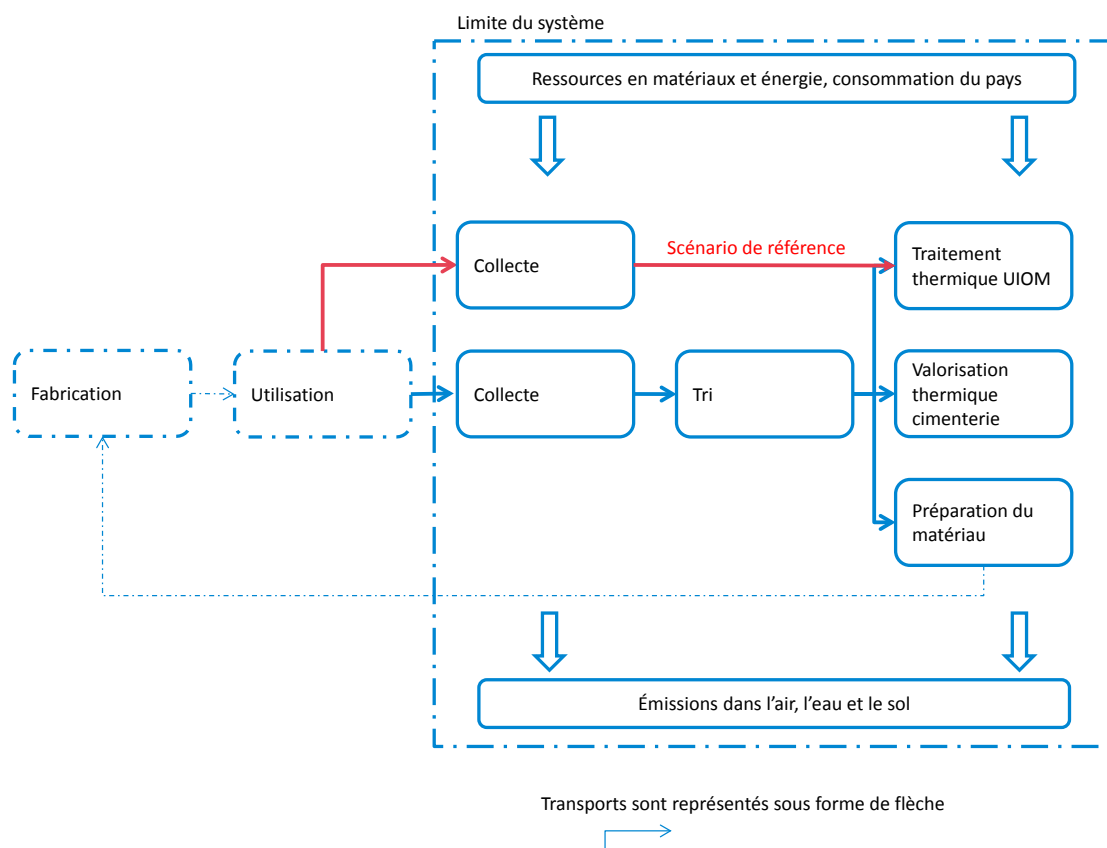


Illustration 1: Limites (grand encadré bleu) des systèmes de collecte et de valorisation des plastiques. Les transports sont représentés par des flèches.

Systèmes de collecte considérés

Illustration 2 dresse la liste des systèmes de collecte des plastiques analysés dans cette étude. Les systèmes parmi lesquels les données plausibles ont pu être analysées ont été étudiés. L'ensemble de ces systèmes collecte au total un peu plus de 11 000 t de plastique par an. Cela correspond à environ deux tiers des 18 000 t par an de déchets plastiques (sans les bouteilles en PET, voir Seyler, Sommerhalder, & Wolfensberger, 2016, page 23, ill. 2), qui font l'objet d'une collecte séparée en Suisse. Recyclage PET Suisse PRS et Gelbe Sack Deutschland ont été considérés comme système de comparaison.

La longueur des barres dans l'illustration 2 indique quelle part des plastiques collectés de haute qualité (remplace 90% du plastique primaire), de qualité moyenne (remplace 70% du plastique primaire) ou de qualité inférieure (remplace le bois ou le béton par ex. dans les grilles de béton pour gazon) est utilisée et quelle part sera utilisée à des fins thermiques (usine de ciment ou UIOM). Par perte d'humidité on entend les composants liquides non recyclables des matériaux collectés, par exemple le liquide restant dans les bouteilles. Les 100 % se perçoivent sur la quantité totale collectée par système de collecte.

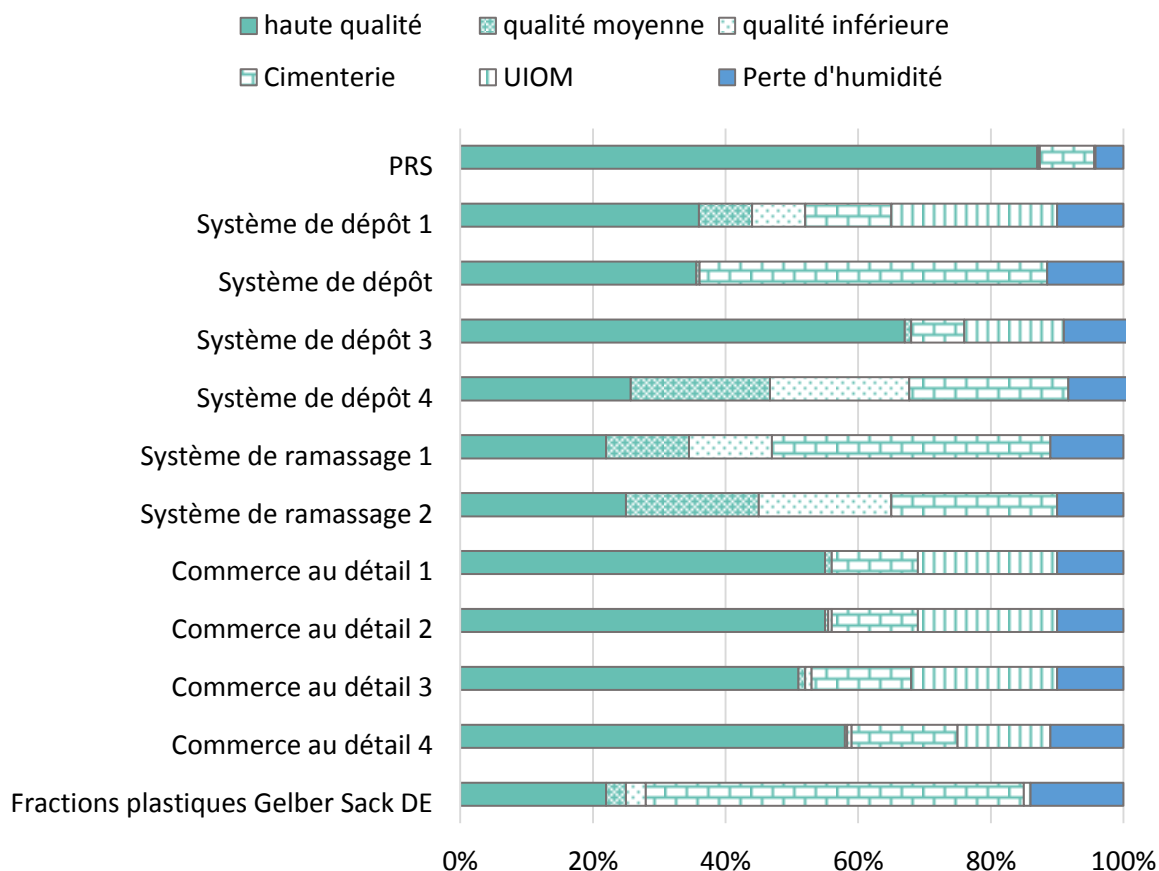


Illustration 2: Les systèmes de collecte de plastique considérés dans l'étude (définition voir glossaire) et leurs modes d'élimination et de valorisation 2016.

Limites de l'étude

L'étude a porté sur les systèmes de collecte existants en Suisse. N'ont pas été pris en considération :

- D'autres combinaisons de collecte concevables (par ex. une collecte mixte de bouteilles PET et plastique).
- Une éventuelle influence sur la qualité des autres systèmes de collecte par des systèmes de collecte des plastiques supplémentaires (par ex. des degrés salissure plus élevés).
- Un éventuel subventionnement des sacs-poubelle par les matières plastiques qu'ils contiennent.

L'étude ne permet pas de tirer de conclusion sur l'impact et la qualité des systèmes de collecte dans d'autres pays (en particulier pour les pays où le plastique est en grande partie mis directement en décharge). La contamination des océans dans le monde n'est, elle non plus, pas considérée dans cette étude, car en Suisse les plastiques sont soit brûlés soit recyclés et des fuites importantes d'emballages plastiques suisses dans les eaux ne sont pas envisagées.

3 Approche et méthodologie

3.1 Analyse du flux des matières

Les analyses du flux des matières (AFM) servent à recenser, à représenter et à interpréter systématiquement les flux de marchandises et de matières dans un système défini temporellement et géographiquement. Elles indiquent les flux massiques pertinents et servent de base pour l'évaluation de l'écobilan des systèmes concernés. Une analyse du flux des matières a été établie pour tous les systèmes de collecte de plastique étudiés. Dans l'analyse du flux des matières, les données quantitatives du matériau intrant incluent aussi des erreurs de tri, des restes du contenu des emballages et de l'humidité. Les analyses du flux des matières ont porté sur la destination finale du plastique, voir illustration 2, puisque celui-ci détermine de façon prépondérante le bilan écologique d'un système de collecte des plastiques. Pour cette raison, une attention particulière a été portée sur la qualité des granulats de plastique obtenue par le recyclage et à leur type de réutilisation (par ex., bouteilles en PET, fibres textiles, europalettes, etc.). L'illustration 3 représente une analyse du flux des matières résultant de tous les systèmes de collecte des plastiques (sans les bouteilles en PET).

Comme base pour les analyses de flux des matières, une recherche exhaustive dans la littérature a été réalisée et des interviews détaillées de chacun des intervenants a été conduite.

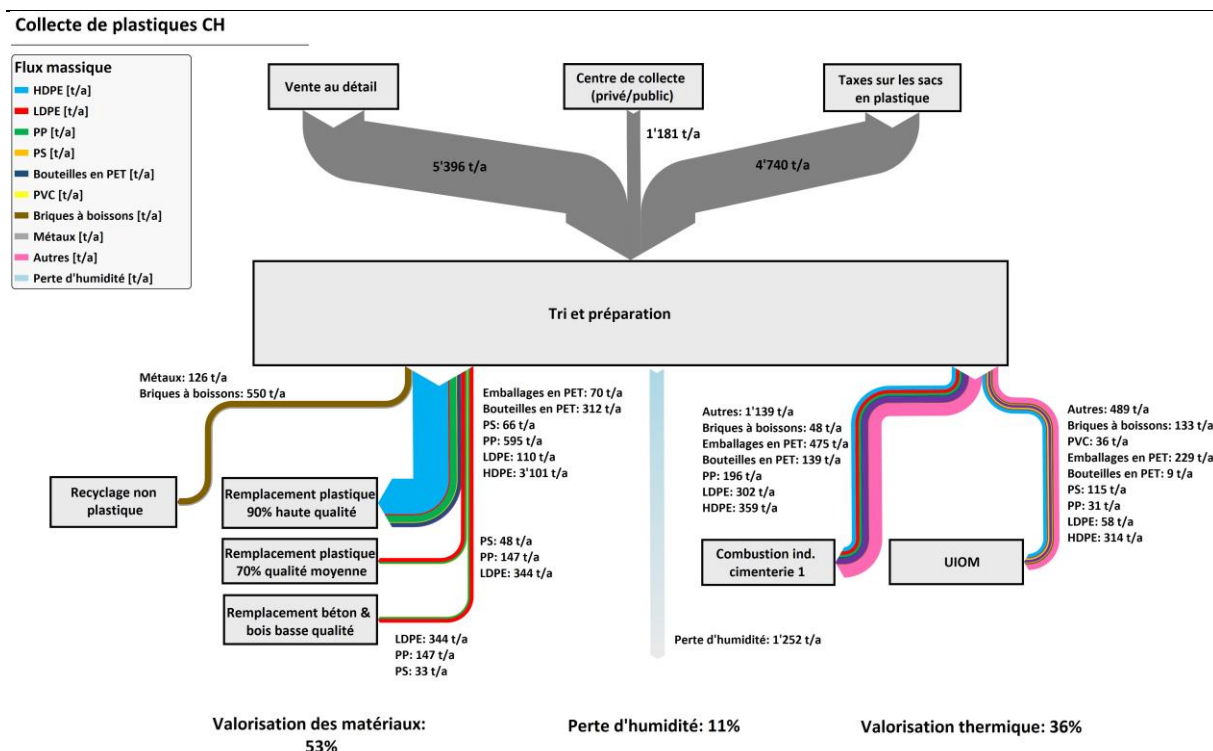


Illustration 3: Analyse du flux des matières de tous les systèmes de collecte de plastique considérés (sans les bouteilles en PET). La quantité totale collectée sur tous les systèmes de collecte de plastique considérés s'élève à un peu plus de 11 000 t/an. L'importance des différents canaux de collecte ainsi que la destination finale du produit recyclé sont indiqués.

3.2 Analyse des coûts

Dans l'étape suivante de la modélisation, les coûts des systèmes de recyclage ainsi que ceux d'une UIOM suisse moyenne (voir illustration 4) ont été déterminés. À cet effet, tous les coûts générés ont été pris en compte et les bénéfices créés par la vente de matières et d'énergie ont été soustraits (coûts nets). Ainsi les mêmes limites du système que celles de l'analyse écologique sont utilisées, ce qui est essentiel pour l'analyse de l'éco-efficacité.

Les données relatives aux frais d'incinération des plastiques dans une UIOM ont été fournies par l'Association suisse des exploitants d'installations de traitements des déchets (ASED) et la plausibilité en a été examinée. Les coûts et recettes des systèmes de collecte des plastiques analysés ont été en grande partie estimés sur la base des interviews des intervenants, données qui ont également été vérifiées quant à leur plausibilité. Lorsqu'il n'y avait pas de donnée disponible ou qu'aucune donnée n'a été fournie pour des raisons de confidentialité, nous avons émis des hypothèses et procédé par analogie.

Dans la collecte du plastique, outre l'analyse des coûts du système, il existerait aussi un aspect politico-économique à prendre en considération. Si on considère à court terme et à moyen terme le parc des UIOM existantes, la collecte séparée des plastiques est à soustraire du budget de l'UIOM en tant que « combustibles ». Cela peut selon les circonstances avoir des conséquences financières pour l'exploitant de l'UIOM, qui est en général un groupement intercommunal de collecte des déchets voire, en dernière conséquence, pour la population (augmentation du tarif). Ces coûts économiques ne sont pas inclus dans les résultats suivants.

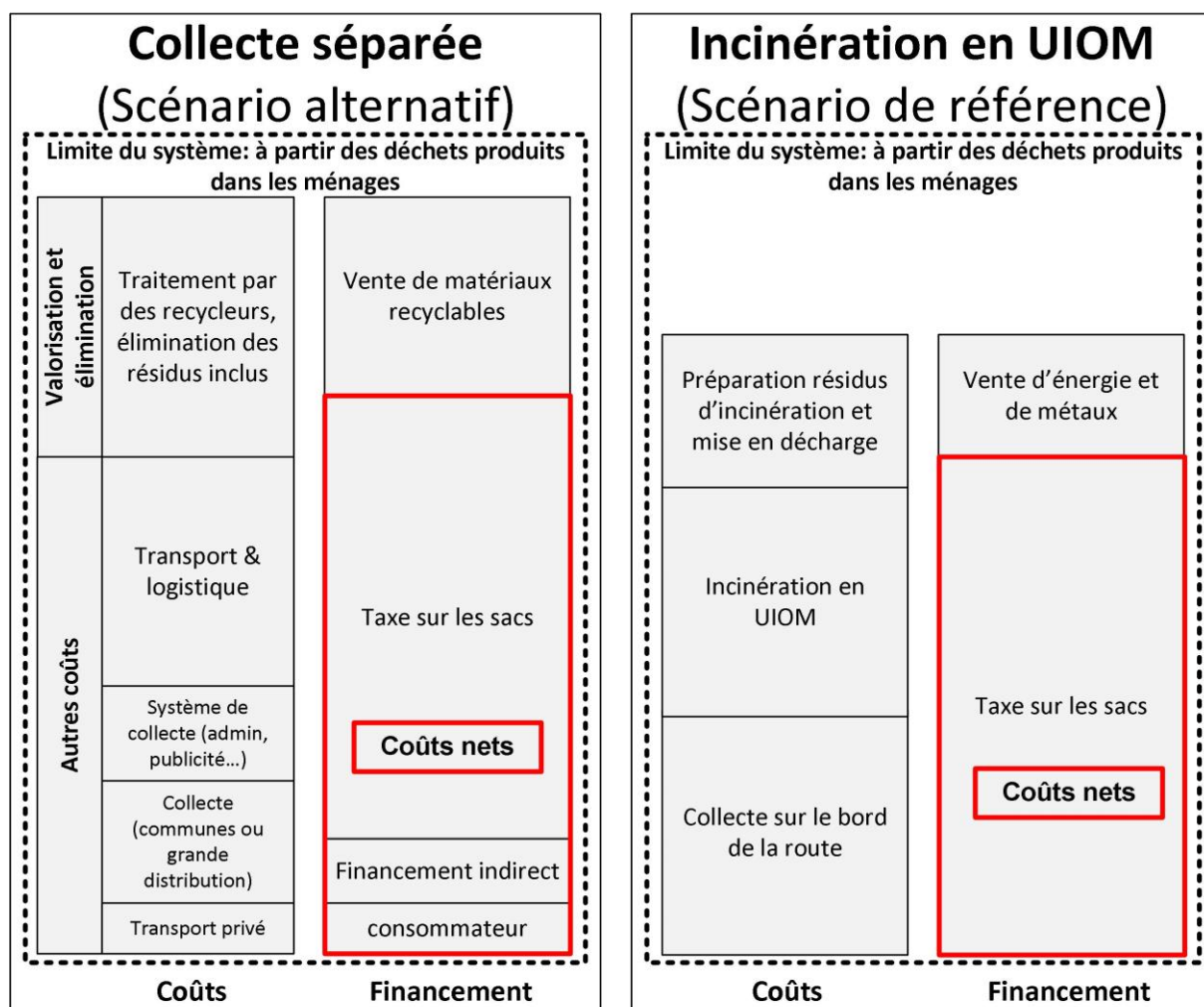


Illustration 4: Les coûts du système du scénario alternatif, dans les limites du système « déchet produit dans les ménages » sont structurés en « recyclage et élimination » (traitement par des recycleurs, y compris des résidus de déchets) et « autres dépenses » (frais de points de collecte et logistique, etc.). Dans le scénario de référence de l'UIOM, la collecte, l'incinération et les coûts de traitement et d'élimination en décharge sont pris en considération. Alors que ces coûts sont couverts par les taxes sur les sacs-poubelles et la vente d'énergie et de métaux, les systèmes de recyclages se financent par le recyclage et la vente de matériaux valorisés et par des taxes sur les sacs ou par un « financement indirect » par ex., les frais de reprise par de grands distributeurs. La population contribue au financement quand elle participe gratuitement à la collecte séparée. La taille des encadrés correspond à la part approximative des frais resp. de la structure de financement des systèmes de valorisation. Les coûts nets correspondent aux coûts après déduction de la vente de matériaux recyclables et d'énergie.

3.3 Bilan écologique

L'analyse du cycle de vie, ou bilan écologique, est une méthode globale et probante permettant d'analyser les effets environnementaux des produits et systèmes⁴. L'impact environnemental, dans le cadre de ce projet, a donc été modélisé par un écobilan (Life Cycle Assessment, LCA). L'approche est essentiellement basée sur la norme ISO 14040/44 norme (ISO 14040 2006) (ISO 14044 2006). En ce qui concerne l'utilisation des méthodes d'évaluation par agrégation totale tel que l'emploi des unités de charges environnementales (UCE), l'étude n'est pas conforme à la norme.

Les informations sur les fractions de plastique collectées, l'efficacité du tri et du taux de recyclage industriel sont proviennent de l'analyse du flux des matières. Les données sur le transports ainsi que les données sur le tri et le recyclage ont été obtenues à partir des éco-inventaires actuels et récents (Kägi, Zschokke, & Stettler, 2017). Pour les systèmes de dépôt, la part du transport prié alloué au transport des matières plastiques jusqu'au point de collecte est prise en considération sur la base des données recueillies dans un travail de licence (Scherer, 2016). Le niveau d'efficacité énergétique moyen et actuel a servi pour la valorisation dans l'UIOM (Rytec, 2016).

Un avantage du recyclage des matériaux apparaît dans le cas où la matière provenant du recyclage peut remplacer la matière première neuve. C'est par exemple le cas pour les bouteilles en PET, dans lesquelles une proportion de PET est provient de PET recyclé. Par conséquent, le bénéfice écologique résulte de la différence entre l'impact environnemental de la production du matériau nouveau et celui de la matière recyclée. Avec ce principe dit de substitution, la qualité du matériau secondaire est cruciale. Selon le niveau de qualité du matériau secondaire, différents facteurs de remplacement ont été utilisés dans les calculs. Pour la valorisation thermique dans une UIOM, on a estimé que le courant produit remplace un mix de courant proche du mix européen. La chaleur vendue par l'UIOM remplace un mélange de chaleur à base de fioul (55%) et de gaz (45 %). Dans le cas de la valorisation thermique dans une usine de ciment, il a été estimé que la source d'énergie remplacée correspond actuellement à du charbon.

L'inventaire de cycle de vie ainsi que les impacts environnementaux et leur évaluation ont été calculés au moyen du logiciel d'ACV SimaPro V8.0 (PRé Consultants, 2011). Pour calculer les processus en amont on a utilisé comme base de données les données standard d'ecoinvent V3.3 :Allocation Recycled Content (ecoinvent, 2016) ou nos propres processus.

Pour l'évaluation des effets environnementaux, on a utilisé la méthode de la « saturation écologique » (Frischknecht R. & Büsser Knöpfel S., 2013). Cette méthode a été développée dans le but de réunir en un paramètre unique (unités de charges écologiques [UCE]) les différents impacts environnementaux (tels que les émissions de CO₂, d'autres émissions atmosphériques, les émissions acidifiantes, l'épuisement des ressources non renouvelables, les émissions dans l'eau et le sol, etc.). Il s'agit d'une méthode d'évaluation écologique avec laquelle, en plus des charges existantes, les objectifs éco-politiques de la Suisse sont pris en considération. Plus la charge écologique d'un produit est grande, plus la quantité d'UCE est élevée.

Cette étude a été soumise à un examen critique basé sur la norme ISO 14040/44 (2006a, b). Cet examen a été réalisé pendant l'étude, avec l'expertise de Melanie Haupt (ETH Zürich), Roland Hischier (EMPA) ainsi que Günter Dehoust (Öko-Institut e.V.).

⁴ Pour la saisie de l'impact environnemental d'un produit ou d'un système, le calcul quantitatif comprend la consommation d'énergie et des ressources et les émissions dans l'air (par ex. le CO₂), l'eau (par ex. le phosphate) et le sol (par ex. les métaux lourds) sur le cycle de vie global. Dans le cadre de l'écobilan, ces facteurs d'influence sont normalisés, pondérés et ramenés à « un dénominateur commun » par exemple les unités de charges écologiques (UCE).

3.4 Éco-efficacité (SEBI)

L'efficacité est brièvement et clairement décrite comme : « Doing more with less » (Kuosmanen, 2005). L'indicateur éco-efficacité a été défini par le WBCSD⁵ en 1991. Il indique à quel niveau l'avantage écologique se situe par rapport à une dépense économique. C'est-à-dire qu'il mesure si les ressources financières sont bien utilisées du point de vue de l'environnement. L'efficacité écologique se calcule de la façon suivante :

$$\text{Efficacité écologique} = \frac{\text{Avantages environnement}}{\text{Coût}}$$

Cet indicateur est utilisé pour définir l'indicateur spécifique de bénéfice écologique (Specific-Eco-Benefit-Indicator SEBI) comme suit :

$$\text{SEBI} = \frac{\text{Éco - indicateur de bénéfice spécifique}}{\text{Coûts du scénario de référence}} = \frac{\text{Impact évité}}{\text{Augmentation des coûts}}$$

$$= \frac{\text{Points UCE}_{\text{Scénario de référence}} - \text{Points UCE}_{\text{Scénario alternatif}}}{\text{Coûts}_{\text{Scénario alternatif}} - \text{Coûts}_{\text{Scénario de référence}}} \left[\frac{\text{Points UCE épargnés}}{\text{CHF}} \right]$$

Dans cette étude le coût net (coût total moins la recette provenant de la vente d'énergie et des produits recyclables - voir commentaire de l'illustration 4 - a été utilisé comme base de coût pour le SEBI, au lieu du coût brut) contrairement aux publications précédentes. Ce qui explique le terme SEBI* utilisé dans le présent rapport. Pour établir l'efficacité écologique, il existe donc un « scénario alternatif » comparé à un « scénario de référence » (illustration 5). Le scénario alternatif est une alternative au scénario de référence. Par exemple, le recyclage des matériaux de bouteilles en PET et autres plastiques ménagers à la place du traitement thermique dans une UIOM (notre scénario de référence).

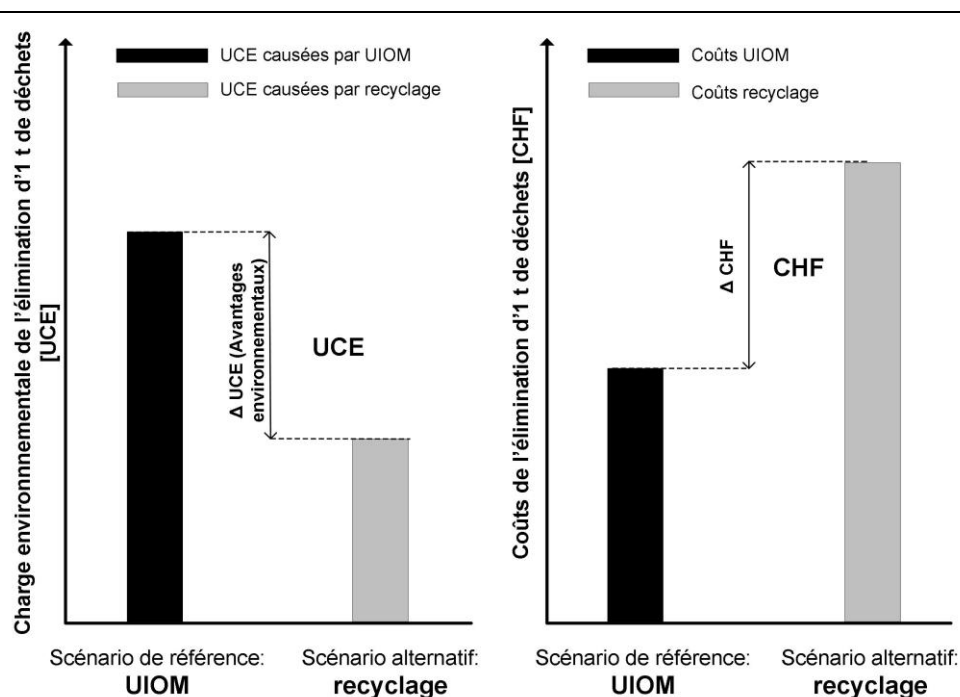


Illustration 5: Scénario de référence par incinération des déchets en UIOM contre scénario alternatif de recyclage. À gauche : Quantification des avantages environnementaux par unité de charge écologique ΔUCE . À droite : Évaluation

⁵ WBCSD : World Business Council For Sustainable Development

du coût supplémentaire du scénario de référence (ΔCHF). Ces deux différences (ΔUBP et ΔCHF) sont divisées pour déterminer le SEBI* : $\text{SEBI}^* = \Delta\text{UBP} / \Delta\text{CHF} = e\text{UCE} / \text{CHF}$ (eUCE représente l'UCE économisée).

4 Résultats

4.1 Coûts

Illustration 6 donne un aperçu des coûts nets supplémentaires (coût net du système de collecte, moins coût net de 250 CHF/t d'élimination dans un UIOM) des systèmes de collecte de plastique considérés. Les coûts supplémentaires des systèmes analysés varient de 300 CHF/t à 700 CHF/t. La moyenne des coûts supplémentaires se situe à environ 500 CHF par tonne de matière plastique resp. les coûts s'élèvent à 750 CHF / t de plastiques. À titre de comparaison, les frais de système supplémentaires de PET Recycling Suisse PRS correspondent environ à la valeur moyenne. Les vendeurs au détail ont les plus grandes variations. Il convient de remarquer que les frais représentés ici pour tous les vendeurs au détail sont donnés sans perte de surface de vente puisqu'ils sont généralement comptabilisés en tant que « dépenses publicitaires pour la fidélisation de la clientèle ». Seuls les systèmes collectant plus de 100 t de plastique par an ont été pris en compte. Nous avons corrigé certaines données de coût des exploitants du système en fonction des considérations de plausibilité.

Les coûts du système ne comprennent que les frais directs de la collecte et du recyclage du plastique; les coûts économiques ne sont pas inclus. Ainsi, il n'a pas été pris en compte que la collecte séparée des plastiques entraîne une diminution du taux de plastique dans les déchets urbains. Il convient de noter que les plastiques, étant légers et volumineux, « subventionnent » les sacs-poubelles. Une collecte séparée renforcée des matières plastiques peut donc avoir pour conséquence un prix plus coûteux du sac-poubelle afin que les frais de collecte et de reprise des déchets puissent être supportés. Les calculs ont démontré que ces frais économiques s'élèveraient environ à 500 CHF/t de plastique collecté séparément (moyenne suisse).

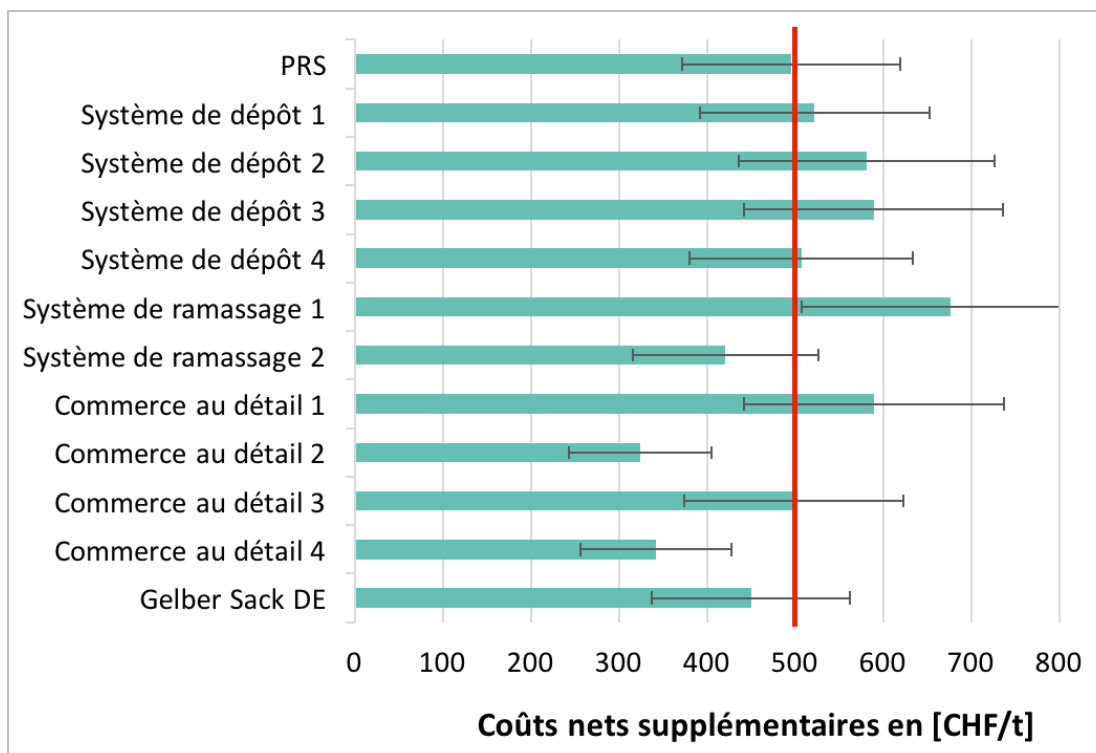


Illustration 6: Compilation des coûts nets supplémentaires des systèmes de collecte de plastique considérés (définition, voir glossaire). Les coûts supplémentaires nets pour PET Recycling Suisse PRS sont présentés à titre de comparaison. La ligne rouge représente la moyenne du coût du système analysé. Remarque : Chez les vendeurs au détail pris en considération, la perte éventuelle de surface de vente imputable à la collecte des plastiques n'a pas été calculée.

4.2 Écobilan

Les avantages environnementaux des systèmes de collecte des plastiques considérés se situent entre de 0,4 à 0,7 Mio UCE par tonne de marchandises collectée UBP (voir Illustration 7). En Suisse, environ 14 kg de plastiques supplémentaires pourraient être collectés et recyclés par personne et par an. Le profit écologique potentiel qui en résulte correspond environ à l'économie d'un trajet de 30 kilomètres en voiture par personne et par an. L'avantage environnemental est surtout influencé par les aspects suivants :

- Qualité du produit recyclé et possibilité de l'utiliser pour remplacer des matériaux primaires neufs.
- Les collectes séparées telles que « bouteilles en PE et briques à boisson seulement » sont souvent synonymes d'une meilleure qualité que les collectes mixtes.
- Le niveau du taux de recyclage industriel⁶ : Pour les bouteilles par exemple, il est supérieur à celui des films plastiques.
- Un autre avantage environnemental est généré lorsque des fractions de matières plastiques ayant une qualité inférieure (p. ex., films en LDPE) sont utilisées pour produire de l'énergie dans une cimenterie au lieu d'être recyclées.
- Cette étude a tablé sur l'efficacité énergétique d'une UIOM moyenne suisse. Cependant, selon l'efficacité énergétique des IUOM, les avantages environnementaux des systèmes de collecte des plastiques peuvent varier entre 0 et 1,2 million UCE par tonne. Si une UIOM optimisée était utilisée dans le scénario de référence, l'avantage environnemental se réduit dans les plus grands systèmes d'environ deux tiers et se situe dans certains systèmes même autour de zéro. Si une UIOM à faible rendement énergétique était modélisée, l'avantage environnemental du recyclage du plastique augmenterait d'au moins 50 %. (Voir aussi l'illustration 14 dans l'annexe A1.3).

⁶ Le taux de recyclage industriel décrit quelle proportion de plastiques collectés séparément peut effectivement être utilisée à nouveau comme matière première secondaire dans l'industrie.

- Que la collecte des plastiques s'effectue par un système de dépôt, de ramassage ou par l'intermédiaire de vendeurs au détail a peu d'influence sur les résultats.

L'avantage environnemental du système de recyclage du PET est beaucoup plus élevé avec près de 1,8 Mio UCE par tonne. L'une des raisons réside dans le fait que le PET collecté de façon homogène et peut être recyclé en un produit très bonne qualité. Pour qu'une bouteille de boisson en PET devienne de nouveau une bouteille de boisson en PET, une collecte visant la pureté sera nécessaire, car dans le cas contraire salissure sera trop élevée et cela risque d'entraîner le non-respect des dispositions légales relatives à l'alimentation. En outre, la production de PET primaire est plus néfaste pour l'environnement que les polyoléfinés primaires⁷. C'est pourquoi le crédit alloué au remplacement du matériau primaire est plus important dans le cas du PET. En outre, le PET présente un pouvoir calorifique plus faible que les polyoléfinés. Ainsi, les avantages du système de référence (valorisation dans l'UIOM) sont inférieurs (moins de puissance et de la chaleur). Ces deux aspects donnent plus d'avantage au recyclage du PET par rapport à celui des polyoléfinés.

Pour pouvoir réaliser une estimation de l'efficacité d'un système qui comprend de grandes quantités de matières plastiques de qualités différentes, le système répandu des « sacs jaunes » a été envisagé en Allemagne. Ce système a un avantage environnemental d'environ 0,3 Mio UCE par tonne et est ainsi situé en bas de l'échelle des avantages environnementaux parmi tous les types de valorisations de la matière plastique. Cela est dû à un faible taux de recyclage venant de la mauvaise qualité des marchandises collectées. Une partie importante part dans les cimenteries pour y remplacer des combustibles fossiles, ce qui contribue à la réduction des émissions nationales de CO₂.

Qu'il s'agisse d'un système de collecte de matière plastique structuré comme un système de dépôt (dépôt au point de collecte par le consommateur) ou d'un système de ramassage (ramassage au bord de la route), n'a généralement pas d'impact majeur sur le résultat. Cela est dû au fait que le transport de la collecte n'est pas décisif pour le bénéfice environnemental total. L'effet du transport de la collecte est comparable lorsque les fractions de matière plastique sont amenées au point de collecte en même temps que d'autres matériaux à recycler, tels que le verre, le carton, etc. Toutefois, ce système de dépôt comporte le risque que les avantages environnementaux des plastiques soient annulés dans le cas où on rend au point de collecte pour y amener uniquement une faible quantité de déchets de matière plastique. Ce danger n'existe en principe pas avec les systèmes de ramassage.

⁷ Les polyoléfinés sont des hydrocarbures saturés, qui quantitativement constituent le plus grand groupe de matières plastiques. Les principaux représentants de ce groupe sont le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP). Les bouteilles de lait sont un exemple de produit en PE. Appartenant à un autre groupe de matières plastiques, le polyester est un PET (polyéthylène téréphtalate), une matière thermoplastique.

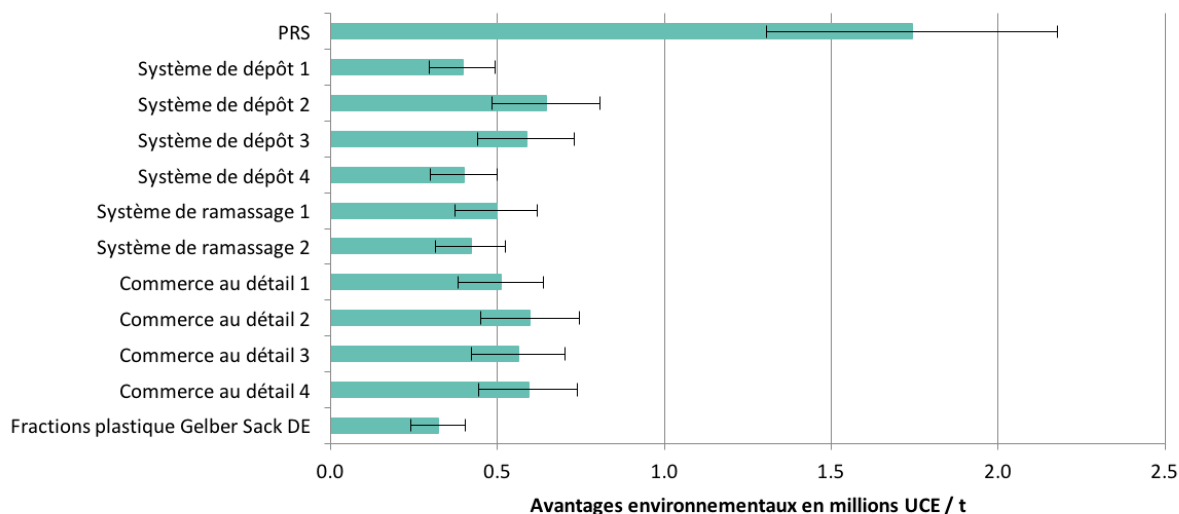


Illustration 7: Compilation des avantages environnementaux des systèmes de collecte des plastiques considérés (voir glossaire pour la définition). En guise de comparaison sont présentés les avantages environnementaux de PET Recycling Suisse et de la fraction de plastique du sac jaune en Allemagne (voir glossaire pour la définition).

4.3 Éco-efficacité (SEBI)*

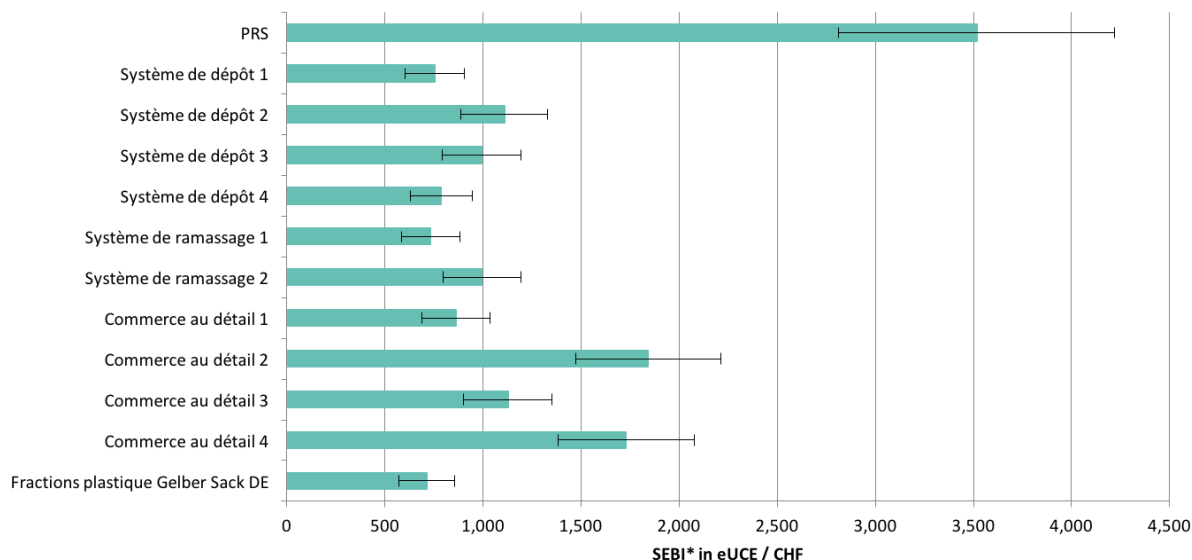


Illustration 8: Comparaison de l'éco-efficacité des systèmes considérés (définition, voir le glossaire) par tonne de matériau collecté.

La plus haute éco-efficacité, donc les systèmes de collecte des plastiques à plus haut SEBI*, est atteinte par PET Recycling Suisse avec 3 500 eUCE/CHF, suivie de la collecte séparée des bouteilles en polyéthylène. Il est mis en évidence que la plupart des collectes mixtes de plastiques ménagers hétérogènes ont une éco-efficacité inférieure à celle de la collecte séparée des bouteilles en PE. Les SEBI* des collectes de plastiques analysées sont tous dans la gamme de 700 à 1 800 eUCE/CHF et sont donc environ 2 à 5 fois moins efficaces que le PET Recycling Suisse (voir Illustration 8).

L'illustration 9 montre le SEBI* des systèmes de collecte des plastiques considérés dans ce projet par rapport au spectre d'efficacité des autres recyclages suisses qui ont été analysés dans le cadre du projet EconEcol (Bunge, Stäubli, & Pohl, 2016). La comparaison montre que tous les systèmes de collecte des plas-

tiques considérés, que ce soit par dépôt, par ramassage ou auprès des vendeurs au détail, se situent à l'extrémité inférieure du spectre d'éco-efficacité du paysage de recyclage suisse, à savoir un SEBI* de 700 à 1 800 eUCE/CHF ou encore plus bas. Le SEBI* de la collecte séparée de matière se situe ainsi à un niveau similaire que celui du recyclage des capsules de café en aluminium ou des piles à usage domestique. PET Recycling Suisse avec 3 500 eUCE/CHF a une éco-efficacité plus élevée qui correspond environ au recyclage des lampes et des luminaires. Par comparaison, le recyclage des équipements électroniques (SWICO⁸) est significativement plus élevé. Dans la partie supérieure de l'éco-efficacité se trouvent les emballages en métal comme l'aluminium et le recyclage des appareils électriques SENS.

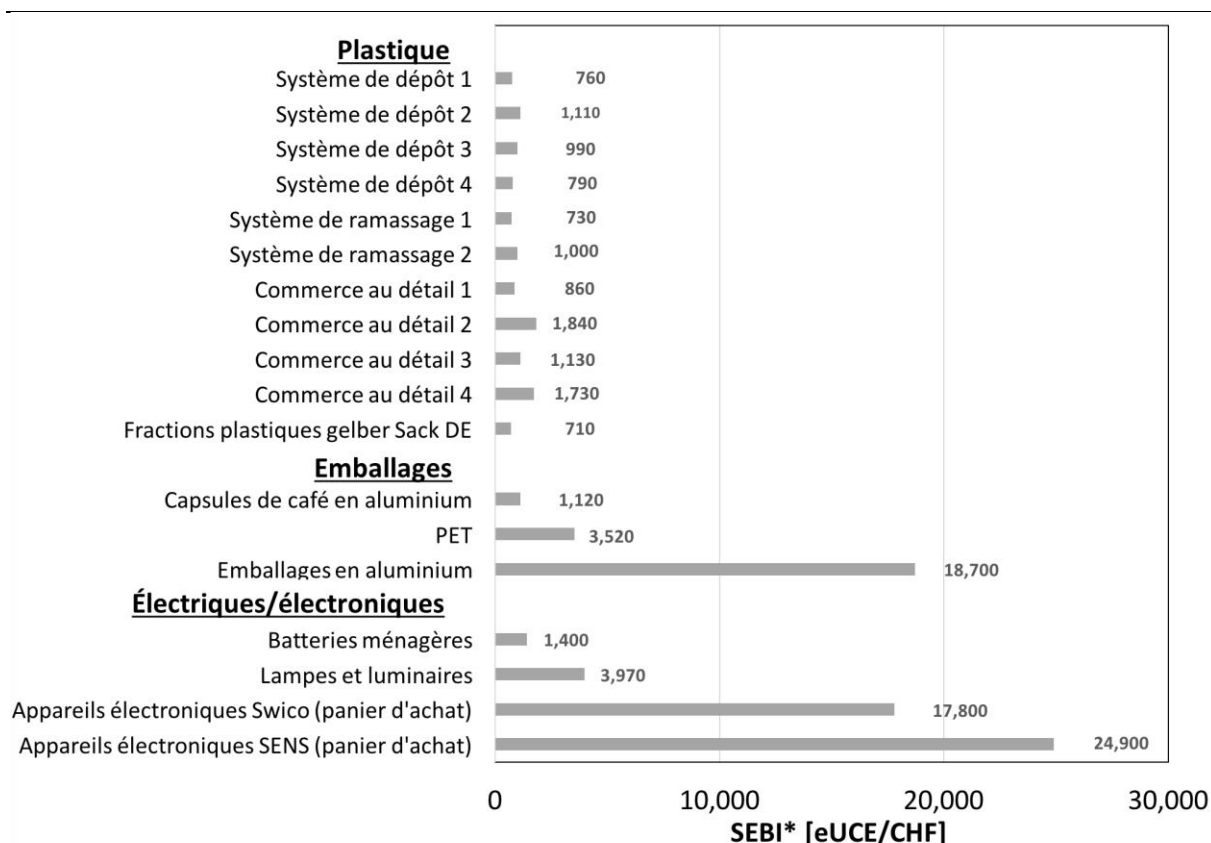


Illustration 9: Les SEBI* des systèmes de collecte des plastiques (voir glossaire pour la définition) appliqués dans le domaine de l'efficacité des autres recyclages suisses dans le cadre du projet EconEcol (Bunge u. a., 2016) ont été testés pour leur éco-efficacité. Plus l'éco-efficacité des mesures de recyclage est élevée, plus haut est le SEBI* et plus longues sont les barres. Les SEBI* des collectes des plastiques se trouvent à l'extrémité inférieure du spectre des éco-efficacités du paysage du recyclage suisse. Remarque : Le SEBI* est indiqué sans l'intégration des frais économiques (500 CHF/t, cf. le chapitre 4.1). Si ceux-ci étaient inclus, le SEBI* des collectes des plastiques diminuerait distinctement. Pour le calcul du SEBI*, les quantités actuellement collectées ont été prises en considération par système (selon des indications de l'intervenant).

⁸ Pour les définitions de SWICO et SENS, voir le glossaire

4.4 Potentiel des collectes mixtes et séparées

La plupart des systèmes étudiés sont nouveaux et en phase d'élaboration. À l'heure actuelle, on ne peut dire quels systèmes prévaudront. À titre d'aide à la décision, il est important de connaître les potentiels des systèmes de collecte à l'échelle de la Suisse. À cet effet, les scénarios de collecte suivants ont été définis et évalués :

1. Mixte CH : Tous les plastiques y compris les briques à boissons sont collectés (sans bouteilles de boisson en PET qui sont soumises à une collecte séparée et ne font pas partie de la quantité potentielle).
2. Collecte séparée sélective : Les bouteilles en plastique et les briques de boissons (BB) sont collectés (sans bouteilles de boisson en PET qui sont soumises à une collecte séparée et ne font pas partie de la quantité potentielle).
3. PRS : Système existant aujourd'hui comme grandeur de comparaison

Le système de recyclage des bouteilles en PET existant aujourd'hui (50 000 t/a) ne fait pas partie des scénarios et n'est donc pas inclus dans les quantités potentielles. Avec un taux de collecte de 100% le potentiel du système un (Mixte CH) s'élèverait à 195 000 t/a⁹ et le potentiel du système deux (collecte séparée sélective) à environ 35 000 t/a¹⁰. Afin d'obtenir un potentiel réaliste, les calculs ont été faits avec un taux de collecte futur prévu de 70 %, sauf pour les fractions « diverses matières plastiques » et « films » pour lesquelles un taux de collecte inférieur a été utilisé. Une valeur de 112 000 t/a fut ainsi obtenue pour le système un, et une valeur de 24 500 t/a pour le système deux (hypothèses émises sur le taux de collecte, cf. le tableau 1 dans l'annexe). Les emballages en plastique déjà collectés aujourd'hui (18 000 t/a) font partie de cette quantité. Les quantités potentielles se rapportent aux quantités collectées, donc, dans la chaîne de recyclage, au niveau où encore aucun tri ou traitement n'a eu lieu. Avec ces deux valeurs les avantages environnementaux potentiels et les coûts des collectes mixtes et séparés ont été calculés sur la base de la modélisation des chiffres clés d'aujourd'hui (coûts de la collecte, les coûts du tri, les taux de recyclage, l'efficacité énergétique de l'UIOM, le mix de courant etc.). Fondamentalement, il serait préférable d'anticiper les futurs indicateurs. Étant donné que le développement attendu a des tendances partiellement contradictoires et que tous les scénarios futurs sont soumis à une grande incertitude, il a été décidé d'y renoncer car on s'attend à ce que les résultats ne soient pas significatifs, mais incertains. Pour néanmoins pouvoir se prononcer sur de futurs développements, diverses analyses de variantes ont été réalisées. En dépit de l'efficacité énergétique croissante de l'UIOM suisse, il a été démontré que selon les hypothèses, les avantages environnementaux des systèmes de collecte des plastiques analysés doivent être, d'après les estimations, similaires ou presque doublés (voir aussi l'annexe A1.4). La raison réside dans l'hypothèse d'une efficacité de recyclage légèrement plus élevée et d'un mix d'énergie et de chaleur plus respectueux de l'environnement, qui a été utilisé comme crédit pour l'énergie produite par l'UIOM.

Illustration 10 montre les avantages environnementaux par an, soit l'efficacité des trois systèmes et leurs coûts de système. Une collecte mixte des plastiques (sans PET) génère à peu près les mêmes avantages écologiques que PET Recycling Suisse, malgré des quantités deux fois et demie plus élevées, parce que le taux de recyclage industriel et le bénéfice par kg regranulat sont inférieurs à ceux du PET. En revanche, le coût est presque trois fois plus élevé que celui du PET Recycling Suisse. Ensuite, il est évident qu'une collecte sélective supplémentaire (BB et bouteilles en plastique sans PET) a généré environ un cinquième des avantages environnementaux de PET Recycling Suisse, à environ la moitié du coût. Le fait que les avantages des

⁹ (OFEV, Seyler et al., 2016) Tableau de l'annexe A2. Les fractions suivantes ont été examinées : Films, sacs, corps creux sans bouteilles (tasses, ampoules, etc.), gobelets, bouteilles de produits laitiers, autres flacons, matériaux de remplissage pour emballages, emballages divers. Il y a aussi 20 000 t/a de briques de boissons (indication de Raymond Schelker). Les bouteilles en PET ne sont pas incluses dans le calcul.

¹⁰ (OFEV, Seyler et al., 2016) la fraction de bouteilles en PE a été prise en compte (15 000 t/a). Il y a aussi 20 000 t/a de briques de boissons (indication de Verein Getränkekarton Schweiz).

systèmes de collecte des plastiques supplémentaires doivent être achetés relativement plus cher est également montré dans l'illustration 11. Les SEBI* des systèmes sont présentés dans celle-ci. Une collecte des plastiques supplémentaire - en cas de collecte des plastiques mixtes (sans PET) ou de collecte séparée sélective des BB et bouteilles plastiques (sans PET) - a un SEBI* moitié moins élevé que le système de la PRS.

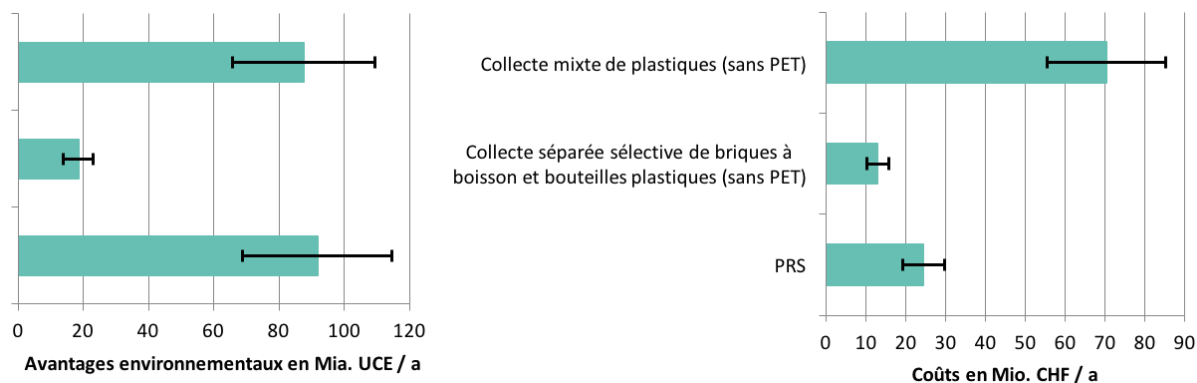


Illustration 10: Avantages environnementaux potentiels et coûts nets annuels potentiels des systèmes de collecte à l'échelle de la Suisse. Les quantités suivantes ont été adoptées pour la projection : 112 000 t/a pour une collecte des plastiques mixtes et 24 500 t/a pour la collecte séparée sélective des bouteilles plastiques et BB. Pour le système de comparaison PRS on a calculé avec 50 000 t/a.

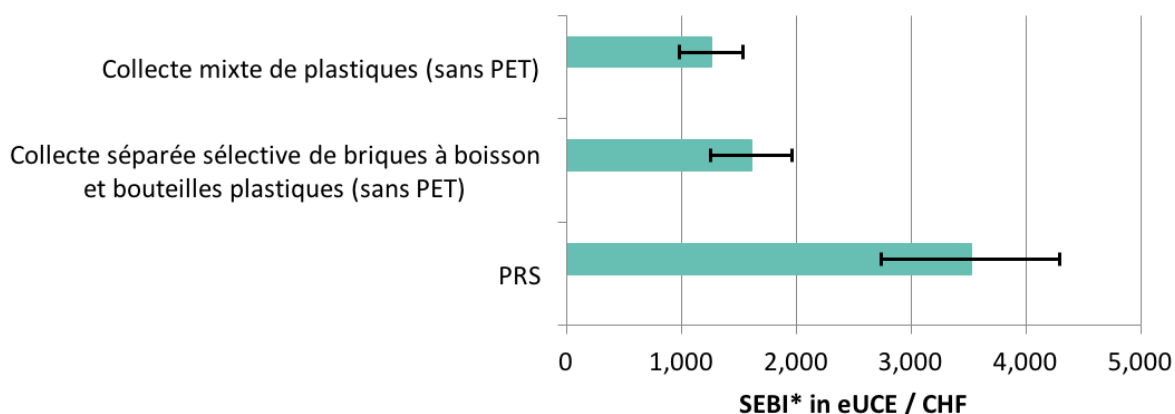


Illustration 11: SEBI* de la considération du potentiel des systèmes de collecte à l'échelle de la Suisse. Les quantités suivantes ont été adoptées pour la projection : 112 000 t/a pour une collecte des plastiques mixtes et 24 500 t/a pour la collecte séparée sélective des bouteilles plastiques et BB. Pour le système de comparaison PRS on a calculé avec 50 000 t/a.

Une comparaison de l'avantage environnemental absolu avec d'autres systèmes de recyclage (Dinkel, Kägi, & Weber, 2017) montre que les avantages environnementaux potentiels d'une collecte des plastiques mixtes (à l'exclusion du PET) est situé au niveau des systèmes de recyclage de l'aluminium, du PET ou du verre (Illustration 12).

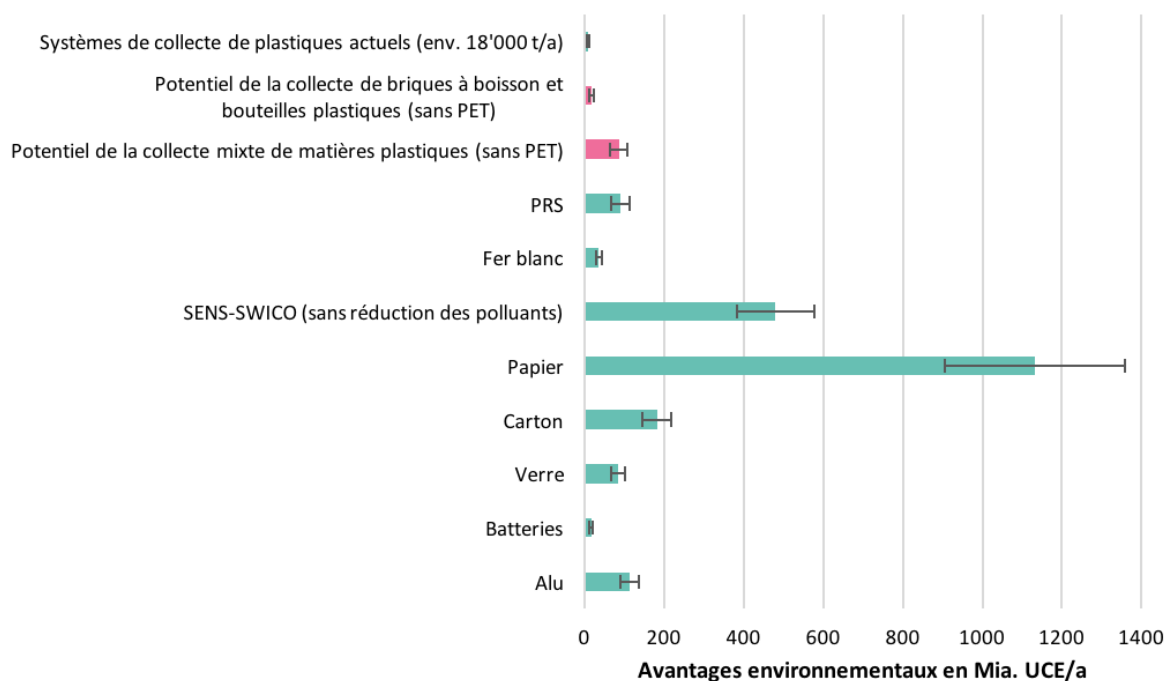


Illustration 12: Les avantages environnementaux des systèmes de recyclage choisis. Vert : systèmes existants. Pour le système de collecte des plastiques existant, on a calculé avec 18 000 t (Seyler, Sommerhalder et Wolfensberger, 2016). Rouge : Potentiel d'une collection des plastiques à l'échelle de la Suisse (sans bouteilles en PET). Les quantités suivantes ont été adoptées pour la projection : 112 000 t/a pour une collecte des plastiques mixtes et 24 500 t/a pour la collecte séparée des bouteilles plastiques et BB.

5 Conclusions

Les entretiens avec les intervenants et l'examen de la littérature ont montré qu'il existe actuellement une grande variété de systèmes de collecte des plastiques en Suisse, qui recueillent et traitent différents types de plastiques de différentes façons. Dans cette étude, un choix vaste et représentatif des systèmes de collecte des plastiques a été analysé et présenté. Il convient de noter que bon nombre de ces systèmes sont encore en élaboration. Ceci peut notamment être observé à travers le fait que les systèmes de collecte des plastiques considérés ne rassemblent qu'environ 11 000 t/a. Les quantités collectées par chaque système se situent entre 12 t et 3000 t/a. Compte tenu du potentiel de 112 000 t/a pour la collecte des plastiques mixtes et de 24 500 t/a pour la collecte sélective séparée des bouteilles en plastique et briques à boissons, il ne s'agit que d'une petite partie des déchets en plastique ménagers à potentiellement collecter et recycler. Par comparaison, PET Recycling Suisse a recueilli environ 50 000 tonnes de bouteilles en PET en 2016¹¹. La plupart des systèmes de collecte des plastiques est en concurrence parce que la quantité de plastiques en Suisse n'est pas assez importante pour utiliser tous ces systèmes à pleine capacité.

L'analyse de la situation financière des systèmes de collecte des plastiques considérés a montré que le coût net est en moyenne de 750 CHF/t. Il s'agit donc d'un surcôt d'environ 500 CHF/t par rapport au scénario de référence, i.e. les UIOM avec leur utilisation thermique (250 CHF/t de coûts nets). Néanmoins, le recyclage génère des avantages écologiques. Nos analyses ont montré que tous les systèmes de collecte en plastique considérés, comparés à l'utilisation thermique d'une UIOM moyenne suisse, présentent un avantage environnemental. Celui-ci varie entre 0,4 à 0,7 Mio. UCE par tonne de plastiques collectés. Cependant, selon l'efficacité énergétique des UIOM, les avantages environnementaux des systèmes de collecte des plastiques peuvent se situer entre 0 et 1,2 Mio. UCE par tonne. Une étude récente des Pays-Bas (Raymond H.J.M. et al. 2017) confirme ces résultats. En ce qui concerne les avantages environnementaux, les trois points suivants sont pertinents :

- La réutilisation des matériaux recyclés de haute qualité dans l'industrie.
- Pour les marchandises de qualité inférieure collectées, une utilisation thermique dans une cimenterie est écologiquement plus bénéfique que l'élimination dans une UIOM moyenne.
- Plus l'efficacité énergétique de l'UIOM est élevée, moins les avantages environnementaux de la collecte des plastiques sont importants. Néanmoins, les calculs des scénarios ont montré que dans l'avenir (2050), les avantages environnementaux de la collecte des plastiques augmenteront légèrement en dépit des UIOM optimisées.

L'éco-efficacité (SEBI*) des systèmes de collecte des plastiques considérés, comprise entre 700 à 1700 eUCE/CHF, se situe dans la partie inférieure du spectre des mesures de recyclage réalisées jusqu'à aujourd'hui. Nos calculs ont montré que l'éco-efficacité diminue notamment lorsque la proportion de matériaux recyclés de haute qualité est réduite. Conclusion : avec le recyclage des plastiques un avantage environnemental relativement faible est payé assez cher.

¹¹ Détail intéressant : PET Recycling Suisse, malgré ses résultats mitigés à 3 500 t/a est toujours le plus grand « collecteur de PE par collecte séparée » en Suisse.

6 Glossaire

Vue d'ensemble des systèmes de collecte analysés

Système	Que collecte-ton ?
PRS – PET Recycling Suisse	Bouteilles de boisson en PET
Gelber Sack Deutschland	Tous les plastiques, les métaux tels que des boîtes en aluminium, emballages composites tels que des briques à boissons (seuls les plastiques et les emballages composites ont été pris en compte dans cette étude)
Système de dépôt 1	Toutes les matières plastiques, à l'exception des bouteilles en PET et PVC
Système de dépôt 2	Toutes les matières plastiques, à l'exception des bouteilles en PET et PVC
Système de dépôt 3	Les bouteilles en plastique et les briques à boissons (BB)
Système de dépôt 4	Toutes les matières plastiques, à l'exception des bouteilles en PET et PVC
Système de ramassage 1	Toutes les matières plastiques, à l'exception des bouteilles en PET et PVC
Système de ramassage 2	Toutes les matières plastiques, à l'exception des bouteilles en PET et PVC
Vendeur au détail 1	Les bouteilles en plastique, par exemple de shampoing ou les bouteilles de lait
Vendeur au détail 2	Les bouteilles en plastique, par exemple de shampoing ou les bouteilles de lait
Vendeur au détail 3	Les bouteilles en plastique, par exemple de shampoing ou les bouteilles de lait
Vendeur au détail 4	Les bouteilles en plastique et les briques à boissons (BB)

Définitions

BB	Briques à boissons
Taux de recyclage industriel	Décrit quelle proportion des plastiques collectés séparément peut effectivement être utilisée à nouveau comme matière première secondaire dans l'industrie.
UIOM	Usine d'incinération des ordures ménagères
SEBI	Éco-indicateur de bénéfice spécifique (Specific-Eco-Benefit-Indicator SEBI) d'un système par rapport au système de référence : Les avantages environnementaux divisés par les coûts supplémentaires du système (coût brut)
SEBI*	Éco-indicateur de bénéfice spécifique (Specific-Eco-Benefit-Indicator SEBI) d'un système par rapport au système de référence : Les avantages environnementaux divisés par les coûts supplémentaires nets
SENS	La Fondation SENS connue du monde extérieur avec la marque SENS eRecycling est un expert de la réutilisation durable des équipements électriques et électroniques et des lampes et luminaires mis au rebut.
SWICO	Swico est l'organisation des fournisseurs du secteur des TIC et d'autres secteurs connexes en Suisse. SWICO Recycling est le système national de reprise bénévole des déchets électroniques en Suisse.
Recyclage, haute qualité	Le granulé secondaire remplace 90 % des plastiques primaires, par exemple les granulés du PET des bouteilles de boisson en PET deviennent de nouveau des bouteilles de boisson en PET, le granulé de PE provenant des bouteilles de lait est utilisé pour produire des tuyaux
Recyclage, qualité moyenne	Le granulé secondaire remplace 70 % des plastiques primaires, par exemple le granulé de PE provenant des films plastiques est utilisé pour produire des pots de fleurs

Recyclage, qualité inférieure

Le granulé secondaire remplace le bois ou le béton, par exemple dans les europa-
lettes ou dans les grilles de béton pour gazon

7 Bibliographie

- Bunge, R., Stäubli, A., & Pohl, T. (2016). *EconEcol - Kosten-Nutzen-Analyse von umweltbezogenen Massnahmen im Recyclingbereich (Kurzbericht)*. Rapperswil: UMTEC.
- Dinkel, F., Kägi, T., & Weber, L. (février 2017). *Ökologischer Nutzen von Recyclingsystemen in der Schweiz - Mise à jour 2017*. Pour le compte de Swissrecycling.
- ecoinvent. (2016). *ecoinvent 2016: Version 3.3*. wiss Center for Life Cycle Inventories.
- risknecht R., & Büsser Knöpfel S. (2013). *Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz* (Umwelt-Wissen No. 1330) (S. 256). Berne : Office fédéral de l'environnement.
- Haupt, M., Vadenbo, C., & Hellweg, S. (2016). Do We Have the Right Performance Indicators for the Circular Economy? (Journal of Industrial Economy). Zürich: ETH Zürich.
- ISO 14040. (2006). *Environmental management–Life cycle assessment–Requirements and guidelines*. Geneva.
- ISO 14044. (2006). *Environmental management–Life cycle assessment–Requirements and guidelines*. Geneva.
- Kägi, T., Zschokke, M., & Stettler, C. (2017). *Life Cycle Inventories for Swiss Recycling Processes - Part Carbotech: Recycling of Cardboard, Glass, PE, PET, Tinplate*. Pour le compte de l'OFEV
- PRé Consultants. (2011). SimaPro (Version 8.3.0). Pré Consultants.
- Steiger, U. (2014). *Erhebung der Kehrrichtzusammensetzung*. Berne : OFEV
- Raymond H.J.M. et al. (2017). A Cost-effectiveness Analysis for Incineration or Recycling of Dutch Household Plastic Waste. *Ecological Economics* 135 (2017) 22–28
- Rytec. (2016). *Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren – Resultate 2015*. Pour le compte de l'Office fédéral de l'environnement et de l'énergie. Consulté le 01.03.2017 : http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/php?extlang=de&name=de_425037652.pdf.
- Scherer, S. (2016). *Vom Haushalt zum Recyclinghof: Ökobilanz des Transports von separat gesammelten Siedlungsabfällen* (travail de licence). Zürich: ETH Zürich.
- Schwegler, R., Spescha, G., Schläppi, B., & Iten, R. (2015). *Klimaschutz und Grüne Wirtschaft- was meint die Bevölkerung? Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung*. Pour le compte de l'OFEV Zürich: INFRAS.
- Seyeler, C., Sommerhalder, M., & Wolfensberger, M. (2016). *Bericht Module 3 + 4 Verwertung Kunststoffabfälle Schweiz im Auftrag des Runden Tisches Kunststoff unter der Leitung des BAFU mit Stellungnahmen der Mitglieder des Projektausschusses Runder Tisch Kunststoff*. Berne :

8 Annexe

A1.1 Volumes potentiels de collecte des plastiques

Le tableau 1 indique les quantités de matière plastique utilisées (à l'exclusion du PET) en fonction des quantités de consommation et des quantités de collecte. Les quantités consommées proviennent de Seyler, Sommerhalder et Wolfensberger (2016, annexe A2-1, la page 95) complétées par 20 000 tonnes de briques à boissons (indication de Raymond Schelker). Un taux de collecte de 70% a été estimé pour les plus grandes fractions en se basant sur des expériences avec d'autres systèmes de recyclage. Pour la fraction « plastiques divers » et une partie de la fraction des « films plastiques » on a calculé avec un taux de collecte de 35 %. L'analyse des flux des matières des systèmes de collecte de matières plastiques existantes montre que le taux visé de collecte des deux fractions nommées ci-dessus doit être sensiblement plus faible que pour les autres fractions, car leur proportion dans les sacs-poubelle est sensiblement inférieure à ce qu'elle serait avec un taux de collecte aussi élevé.

Tableau 1 : Liste des quantités de plastique utilisées (sans le PET) d'après les volumes de consommation et les quantités collectées.

Fraction	Description	Consommation	Hypothèse	Consommation
		en t/a	Taux de collecte	en t/a
Films plastiques	Les emballages alimentaires tels que pour la viande, le fromage, les chips, les produits de boulangerie et les produits surgelés, les aliments frais, les magazines, les emballages de produits électroniques, etc.	50 000	25 000 t à 70 % 25 000 t à 35 %	26 250
Sacs	Sacs fourre-tout pour les vêtements et la nourriture, sachets, etc.	12 000	70 %	8 400
Corps creux sans bouteilles	Bols, boîtes, blister, etc.	45 000	70 %	31 500
Gobelet	Pots de yaourt, de glace, gobelets à café, etc.	5 000	70 %	3 500
Bouteilles de lait	Bouteilles de lait, crème, boisson lactée, etc.	5 000	70 %	3 500
Bouteilles diverses	Bouteilles de détergents, de produits cosmétiques, de produits alimentaires (sans bouteilles en PET), etc.	10 000	70 %	7 000
Matériau de remplissage, emballage	Matériau de remplissage principalement pour des appareils électriques (électroniques)	3 000	70 %	2 100
Divers	Emballages divers, par exemple des sacs d'ordures	45 000	35 %	15 750
Briques à boissons	BB pour lait, jus de fruit	20 000	70 %	14 000
Total		195 000		112 000

A1.2 Avantages climatiques

Outre la saturation écologique, l'empreinte carbone a été calculée et les avantages environnementaux représentés en t CO₂eq. par tonne de système de collecte des plastiques (Illustration 13). Les avantages climatiques des systèmes de collecte des matières plastiques sont compris entre 0,7 et 2,4 t CO₂eq par tonne de matières plastiques collectées. Certains atteignent presque les avantages climatiques du recyclage du PET en Suisse qui est de 2,8 CO₂eq/t. En Suisse, environ 14 kg de plastiques supplémentaires pourraient être collectés et recyclés par personne et par an. Le profit climatique potentiel qui résulte des émissions relatives à l'effet de serre correspond environ à l'économie d'un trajet de 100 kilomètres en voiture par personne et par an.

Il convient de noter que ne sont considérées comme une empreinte carbone que des émissions liées au climat. Par comparaison, le bénéfice environnemental calculé par la méthode de la saturation écologique, prend en considération, en plus des émissions liées au climat, diverses autres émissions dans l'air, l'eau et le sol ainsi que la consommation des ressources. L'empreinte carbone ne constitue ainsi que l'un des nombreux impacts environnementaux et donc ne convient que partiellement pour la prise de décision.

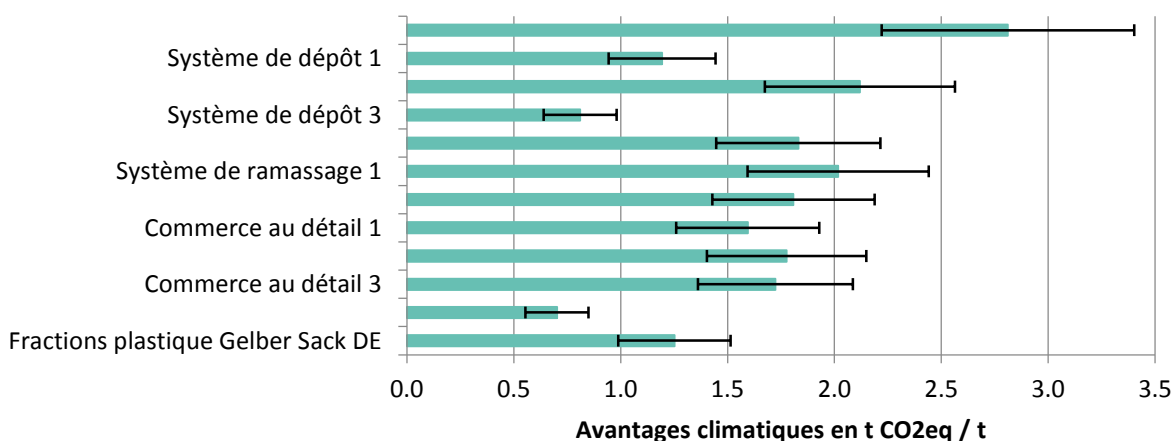


Illustration 13: Compilation des avantages climatiques des systèmes de collecte des plastiques considérés (définition, voir le glossaire).

A1.3 Influence de l'efficacité des UIOM

L'Illustration 14 décrit les avantages environnementaux des systèmes de collecte en plastique, en fonction de l'efficacité des UIOM. Cette étude a tablé sur l'efficacité énergétique d'une UIOM moyenne suisse. Si une UIOM optimisée était utilisée dans le scénario de référence, l'avantage environnemental se des plus grands systèmes serait réduit de près des deux tiers et se situerait dans certains systèmes même autour de zéro. Si une UIOM à faible rendement énergétique était modélisée, l'avantage environnemental du recyclage du plastique augmenterait d'au moins 50 %. Dans la figure suivante, l'incertitude des résultats n'est pas mentionnée pour des raisons de clarté. Lors de l'interprétation du graphique il convient de noter que les incertitudes représentent plus de 0,3 million UCE/t. En conséquence, les valeurs négatives et positives très faibles n'impliquent pas d'avantage, mais on ne peut en conclure qu'une UIOM à haute efficacité énergétique a plus d'avantage.

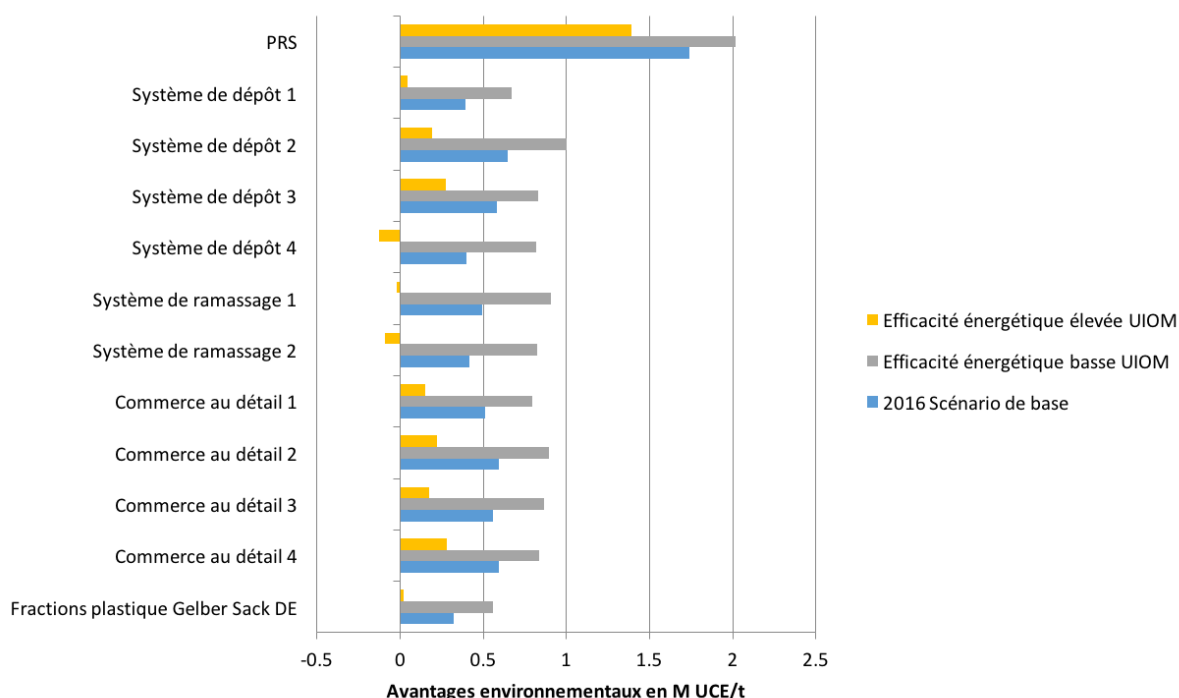


Illustration 14: Compilation des avantages écologiques des systèmes de collecte des plastiques considérés (définition, voir le glossaire) en fonction de l'efficacité énergétique des UIOM.

A1.4 Avantages environnementaux futurs des systèmes de collecte des plastiques

L'illustration 15 montre les avantages environnementaux futurs des systèmes de collecte des plastiques. Il devient évident que les avantages pour tous les systèmes de collecte des plastiques augmentent lors d'une extrapolation de l'avenir. Les principales raisons en sont les hypothèses suivantes : La qualité de recyclage, respectivement le taux de recyclage industriel augmente à l'avenir. L'UIOM dans le scénario de référence devient en effet beaucoup plus efficace (efficacité énergétique élevée) et les émissions spécifiques à l'UIOM plus basses (NO_x, SO₂, PM, dioxine, etc.) toutefois le mélange d'électricité et de chaleur à remplacer devient en même temps largement plus respectueux de l'environnement, ce qui en réduit le crédit. En outre, on suppose aussi qu'à l'avenir dans les cimenteries le charbon sera remplacé¹².

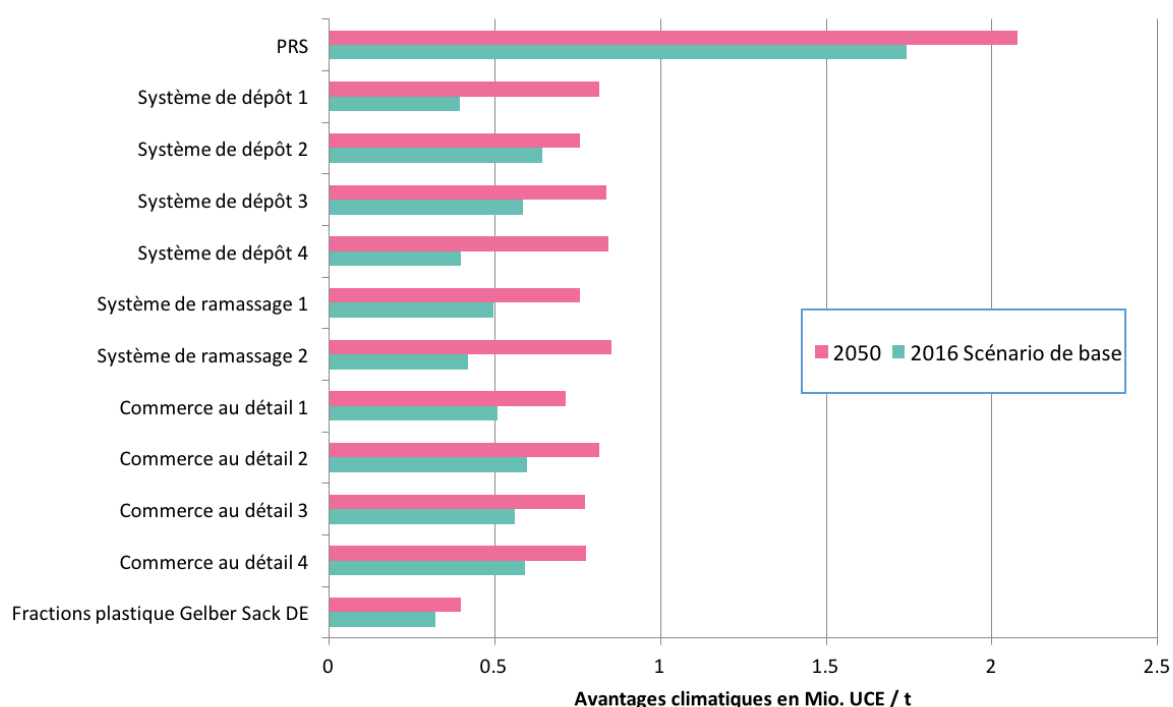


Illustration 15: Compilation des avantages environnementaux futurs des systèmes de collecte des plastiques considérés (voir glossaire pour la définition).

¹² Le but des cimenteries suisses est d'augmenter progressivement la part des combustibles de substitution et ainsi de réduire la part du charbon. Tant que le charbon est utilisé, on peut supposer qu'une unité supplémentaire de carburants de substitution remplace la quantité correspondante de charbon. L'utilisation du fioul ou du gaz au cours des 40 prochaines années n'est pas une option selon la déclaration de cemsuisse.