

Rapport d'analyse de l'impact environnemental (ICV) des produits en PSE

Avril 2007

Association japonaise pour le recyclage du polystyrène expansé  
(Japan Expanded Polystyrene Recycling Association, JEPSRA)

## SOMMAIRE

1. Objectif de l'analyse
  2. Contenu de l'analyse
    - 2-1. Analyse ICV des emballages de protection par type de matériau
    - 2-2. Analyse de la réduction des impacts environnementaux et énergétiques associée à l'utilisation d'isolants thermiques en PSE
  3. Méthodologie de l'analyse et résultats
    - 3-1. Analyse comparative des emballages en PSE et en carton
      - 3-1-1. Hypothèses de travail et méthode d'analyse.
      - 3-1-2. Résultats de l'analyse
        - 1) Consommation d'énergie
        - 2) Impacts environnementaux
          1. Impact du CO<sub>2</sub>
          2. Impact du SO<sub>x</sub>
          3. Impact du NO<sub>x</sub>
        - 3) Déchets solides
      - 3-1-3. Synthèse
    - 3-2. Analyse de la réduction des impacts environnementaux et énergétiques associée aux isolants thermiques
      - 3-2-1. Hypothèses de travail et méthode d'analyse.
      - 3-2-2. Résultats de l'analyse
        - (1) Logement individuel (durabilité : 30 ans)
          - 1) Consommation d'énergie
          - 2) Impact du CO<sub>2</sub>
        - (2) Logement collectif (durabilité : 60 ans)
          - 1) Consommation d'énergie
          - 2) Impact du CO<sub>2</sub>
      - 3-2-3. Synthèse
- Références bibliographiques

## **1. Objectif de l'analyse**

Depuis la mise en place de la *Loi fondamentale pour l'établissement d'une société fonctionnant sur la base du recyclage* en l'an 2000, on assiste à une amélioration croissante des aménagements liés aux déchets et aux réseaux de recyclage. Le taux de recyclage du polystyrène expansé (PSE) a connu une croissance continue et il est ainsi passé de 58% en l'an 2000 à 71% en 2005 (source : Données JEPSRA 2006).

Le PSE est principalement utilisé pour les conditionnements de poisson et autres caisses de transport, pour la protection des machines ou appareils ménagers ou encore comme isolant dans les logements, et il est fréquent qu'après avoir rempli ses fonctions, ce soit l'exploitant commercial ou industriel qui se charge de s'en débarrasser. Nous pensons donc que si l'exploitant connaissait l'utilité de ce matériel, cela faciliterait la mise en œuvre d'un réseau de traitement en vue d'un recyclage matériel, thermique ou autre.

L'objectif de cette étude est d'analyser, de la production à l'utilisation, et suite à leur récupération et traitement, la contribution des produits en PSE à la réduction de l'impact environnemental et énergétique global, et d'établir un document fondamental participant à la promotion d'un système de recyclage des produits en PSE.

## **2. Contenu de l'analyse**

Afin d'évaluer de façon quantitative la contribution environnemental des produits en PSE utilisés pour l'emballage et pour l'isolation thermique, nous avons procédé à l'analyse de l'inventaire du cycle de vie (ICV) de produits concrètement utilisés. L'étude s'est basée sur 4 critères d'analyse qui sont la consommation en matériaux, la consommation d'énergie, l'impact sur la pollution atmosphérique (émissions de CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) et le poids de déchets solides, éléments à partir desquels nous avons quantifié la contribution globale du PSE à l'environnement. Les détails sont présentés ci-dessous.

### **2-1. Analyse ICV des emballages de protection par type de matériau**

Cette étude a porté sur le système d'emballage d'un téléviseur LCD de 82 cm. L'analyse, ou plus concrètement l'objet du calcul, a porté sur l'emballage en PSE et l'emballage en carton, dont on a étudié la consommation en matériaux, la consommation énergétique, l'impact environnemental (émissions de CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) et le poids de déchets solides, mesurés au cours de la production et du traitement des déchets et/ou du recyclage. Pour le processus de production des emballages, nous avons également pris en compte l'impact de l'obtention des matériaux, c'est-à-dire l'extraction pétrolière pour le PSE et la coupe forestière pour l'emballage carton, et effectué le calcul pour chaque étape de la production.

### **2-2. Analyse de la réduction des impacts environnementaux et énergétiques associée à l'utilisation d'isolants thermiques en PSE**

Le PSE est un des nombreux matériaux utilisés comme isolant thermique dans la construction des logements. Il aurait été difficile d'obtenir les données de l'ICV de l'ensemble des matériaux dans le cadre des hypothèses de travail émises. Nous avons donc limité cette étude au cas où aucun isolant n'est utilisé, et calculé la réduction de l'impact environnemental et énergétique lorsqu'un isolant PSE est utilisé. Le calcul porte sur 3 éléments, qui sont la consommation en matériaux, la consommation énergétique et l'impact sur la pollution atmosphérique (CO<sub>2</sub>).

### **3. Méthodologie de l'analyse et résultats**

#### **3-1. Analyse comparative des emballages en PSE et en carton**

##### **3-1-1. Hypothèses préliminaires et méthode d'analyse**

###### **(1) Hypothèses préliminaires**

Les emballages sont en général nouvellement produits à partir de matériaux, qui sont après usage recyclés ou mis au rebut. Pour cette analyse, nous avons adopté un modèle consistant à analyser concrètement les quantités de PSE et de carton de l'emballage d'un téléviseur LCD de 82 cm. La comparaison concrète du poids des matériaux utilisés a montré que si la quantité de PSE était de 1,0, celle du carton était de 4,1.

Pour le PSE, il est fréquent que l'emballage protecteur des téléviseurs LCD de 82 cm soit récupéré par les revendeurs et que la présence d'un seul matériau permette l'obtention de matériaux recyclés (MR). On a donc effectué pour le recyclage un calcul approximatif en fonction de l'ensemble des MR.

Pour le carton, deux cas de figure ont été considérés. L'emballage est constitué d'une partie interne en carton produit à partir de papier recyclé et d'une partie externe, qui est selon les cas produite à partir de pulpe neuve provenant de morceaux de bois, ou à partir de papier recyclé. Nous n'avons toutefois pas pu obtenir de données concernant la proportion existante entre les modes de fabrication. Il y a concrètement une forte demande pour le carton et c'est au cas par cas que sont employés des morceaux de bois ou du papier recyclé. Pour cette analyse, nous avons quantifié deux cas de figure : celui où la partie externe de l'emballage carton est composée à 100% de matériaux neufs et celui où elle est composée essentiellement de matériaux recyclés (soit une composition de 87% de papier recyclé et 13% de matériaux neufs).

###### **(2) Méthode d'analyse**

L'emballage carton et l'emballage PSE sont des matériaux distincts ; cela concerne des matières premières employées, respectivement le pétrole et le bois, mais également les résidus obtenus au terme du recyclage.

Pour cela, en effectuant un calcul comparatif des différentes phases du processus de production des deux types d'emballage à partir des ressources naturelles, nous avons posé une méthode simple de comparaison et nous n'avons pas analysé l'effet du recyclage sur la demande existant dans la société. Sur cette base, nous avons ici effectué une analyse ICV allant jusqu'à l'étape de recyclage. L'ensemble du système ayant servi à l'analyse ICV est représenté sur l'illustration 1.

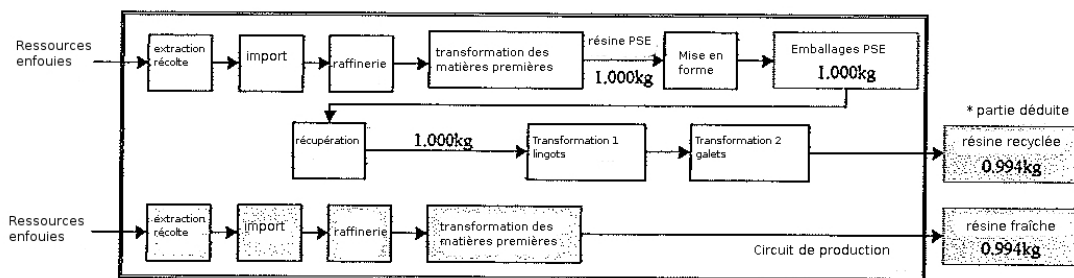
En ce qui concerne le PSE, il est récupéré après usage de l'emballage. De la résine PS recyclée est alors fabriquée à partir des résidus MR et celle-ci substitue sur le marché la résine PS nouvellement obtenue à partir du pétrole. Ainsi, si on déduit de l'impact environnemental et énergétique du parcours global de production, de traitement et de recyclage de l'emballage EPS utilisé pour protéger un téléviseur LCD de 82 cm, l'impact environnemental et énergétique de résines PS recyclées et de la même quantité de résines PS obtenues à partir de matériaux nouveaux, on obtient le véritable impact environnemental et énergétique de l'emballage EPS.

En ce qui concerne le carton, le calcul effectué est différent dans le cas n° 1 et dans le cas n° 2. Dans le cas n° 1 tout d'abord, bien que le carton d'emballage d'un téléviseur LCD de 82 cm soit récupéré et ensuite réutilisé, le recyclage ne concerne qu'une partie de la quantité totale. D'autre part, la partie externe est entièrement fabriquée à partir de matériaux neufs. Nous avons donc émis comme hypothèse pour le cas n° 1 après avoir calculé la consommation unitaire de matériaux recyclés de la partie interne du carton d'emballage, que la quantité de papier recyclé consommée en dehors de cette partie interne était de 2,386 kg.

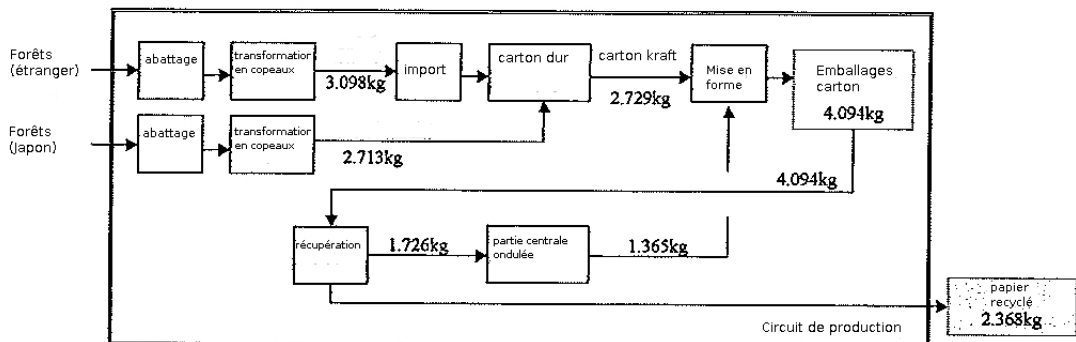
En revanche, dans le cas n° 2, le carton d'emballage d'un téléviseur LCD de 82 cm qui a été récupéré est entièrement fabriqué à partir de matériaux recyclés, tant l'intérieur comme l'extérieur. Mais même en ayant émis l'hypothèse que le carton était essentiellement composé de papier recyclé, nous avons estimé dans cette étude que la part de papier de recyclé dans le carton externe s'élevait à 86,8%, cette quantité étant intégrée dans le cycle de recyclage sans lien avec l'extérieur du système. Dans le cas n° 2, nous avons donc effectué les calculs préliminaires concernant la structure de ce système de recyclage.

Dans le cas n° 1 comme dans le cas n° 2, la pertinence des calculs relatifs à l'effet d'absorption de CO2 associé à la pousse des arbres étant actuellement discutable, nous n'en avons pas tenu compte dans les résultats de cette étude.

### 1) Emballage PSE

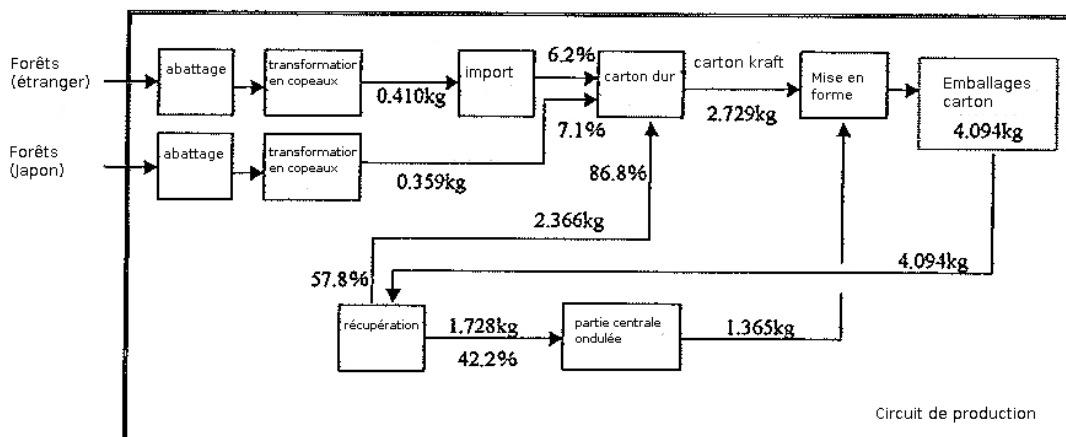


### 2) Emballage carton (cas n° 1 : carton externe 100% produit à partir de matériaux neufs)



### 3)

## Emballage carton (cas n° 2 : carton externe produit principalement à partir de papier recyclé)



**Illustration 1 : Processus de production et de traitement des emballages PSE et carton**

Remarque 1 : afin d'assurer la même fonction, si la quantité d'emballage nécessaire est de 1,0 pour le PSE, elle est de 4,1 pour le carton.

Remarque 2 : le taux de récupération des éléments utilisés est de 100%

Remarque 3 : le ratio d'utilisation entre le carton externe et le papier interne est de 2 :1.

### 3-1-2. Résultats de l'analyse

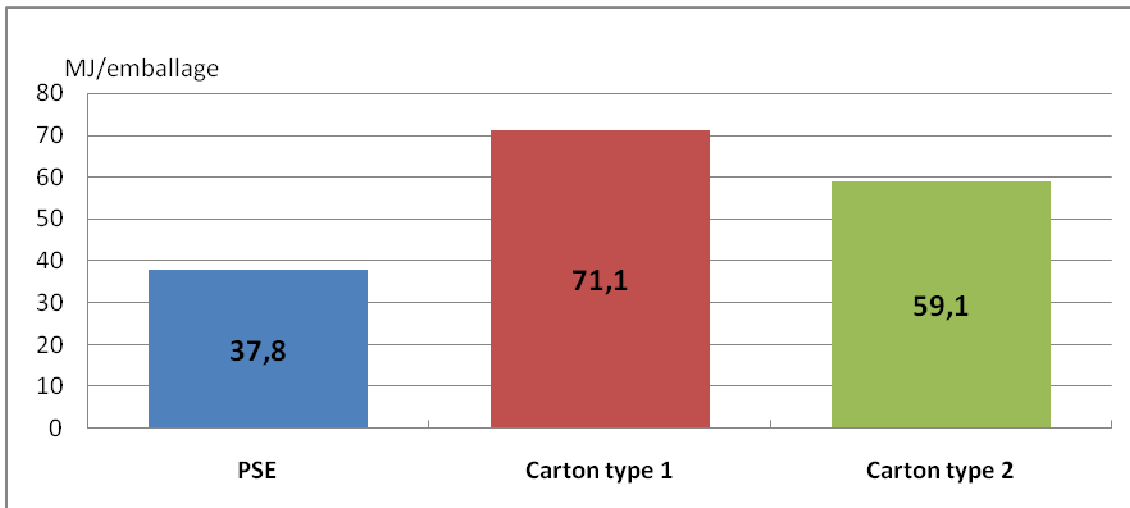
Nous avons quantifié l'impact environnemental respectif des emballages de protection en PSE et en carton en évaluant la **consommation d'énergie, l'impact environnemental (CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) ainsi que la quantité de déchets solides.**

Pour les emballages en carton, nous avons effectué les calculs dans le cas où la partie externe est entièrement produite à partir de morceaux de bois neufs (cas n° 1) et le cas où elle provient principalement de papier recyclé (cas n° 2).

#### 1) Consommation d'énergie

Les illustrations 2 et 3 montrent, en tenant compte des effets du recyclage, l'impact énergétique découlant de l'emballage d'un téléviseur LCD de 82 cm dans le cas du PSE et du carton.

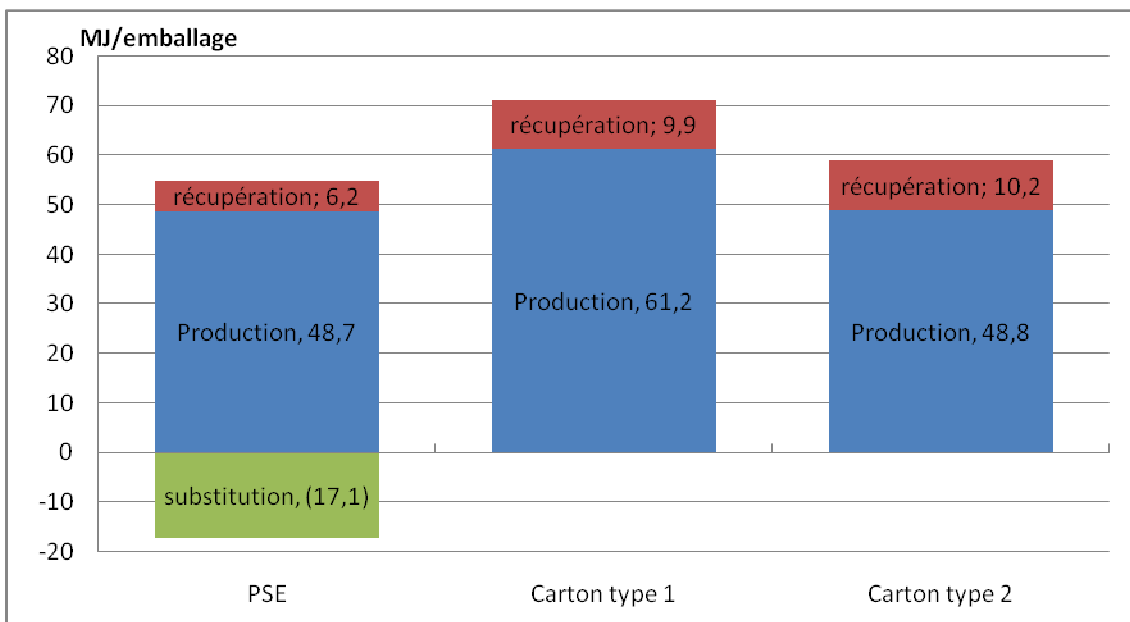
Si nous comparons le processus de consommation d'énergie pour l'emballage d'un téléviseur, nous voyons que la consommation est de 37,8MJ pour un emballage PSE, et de 71,1 MJ (cas n° 1) ou 59,1 MJ (cas n° 2) pour un emballage carton, ce qui rend l'utilisation du PSE plus économe en énergie par rapport au carton, dans la proportion respective de 46,9% et 36,0%.



**Illustration 2 : Comparaison de la consommation d'énergie**

L'étude détaillée du processus de consommation d'énergie pour l'emballage PSE montre que la production requiert 48,7 MJ et le traitement / recyclage des matériaux récupérés 6,2 MJ soit un total de 54,9 MJ. Si on considère la substitution de résine PS recyclée à la place de résine PS neuve issue du pétrole, on retranche du total la consommation d'énergie associée à la production de résine neuve, soit 17,1 MJ, et on obtient alors une consommation totale de 37,8 MJ.

Pour les cas n° 1 et n° 2 de l'emballage carton, la consommation d'énergie pour la production est respectivement de 61,2 MJ et de 48,8 MJ et de respectivement 9,9 MJ et 10,2 MJ pour le traitement / recyclage des matériaux récupérés, ce qui donne un total respectif de 71,1 MJ et 59,1 MJ.



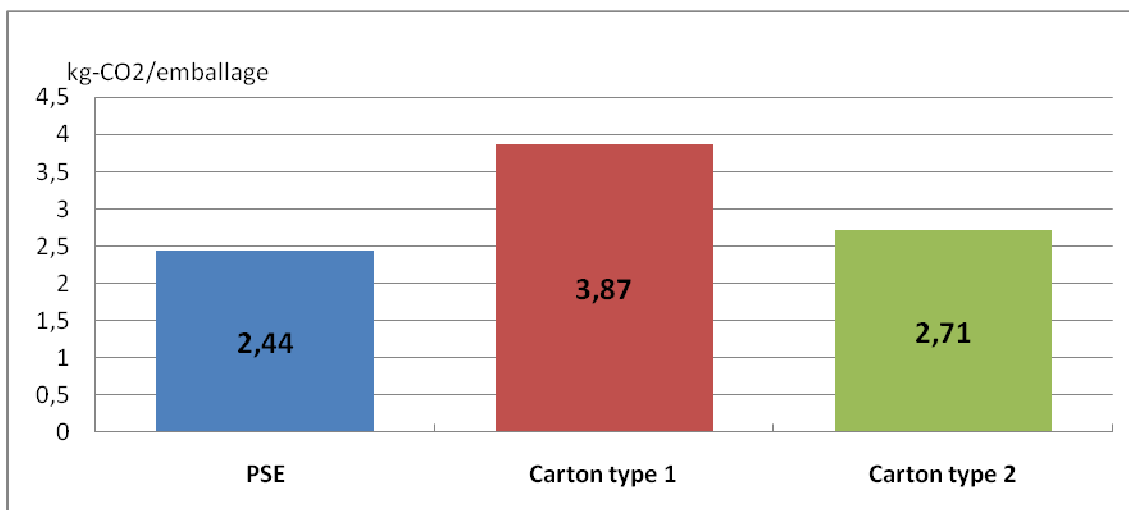
**Illustration 3**

## 2) Impacts environnementaux

### 1. Impact du CO<sub>2</sub>

Les illustrations 4 et 5 montrent les quantités de CO<sub>2</sub> émises lors de la production, la récupération et le recyclage de l'emballage d'un téléviseur LCD.

La quantité de CO<sub>2</sub> émise est de 2,44 kg pour l'emballage PSE, et de respectivement 3,87 kg et 2,67 kg pour les cas n° 1 et n° 2 de l'emballage carton, l'emballage PSE présentant donc une émission de CO<sub>2</sub> inférieure de respectivement 36,9% et 8,6% par rapport au carton.



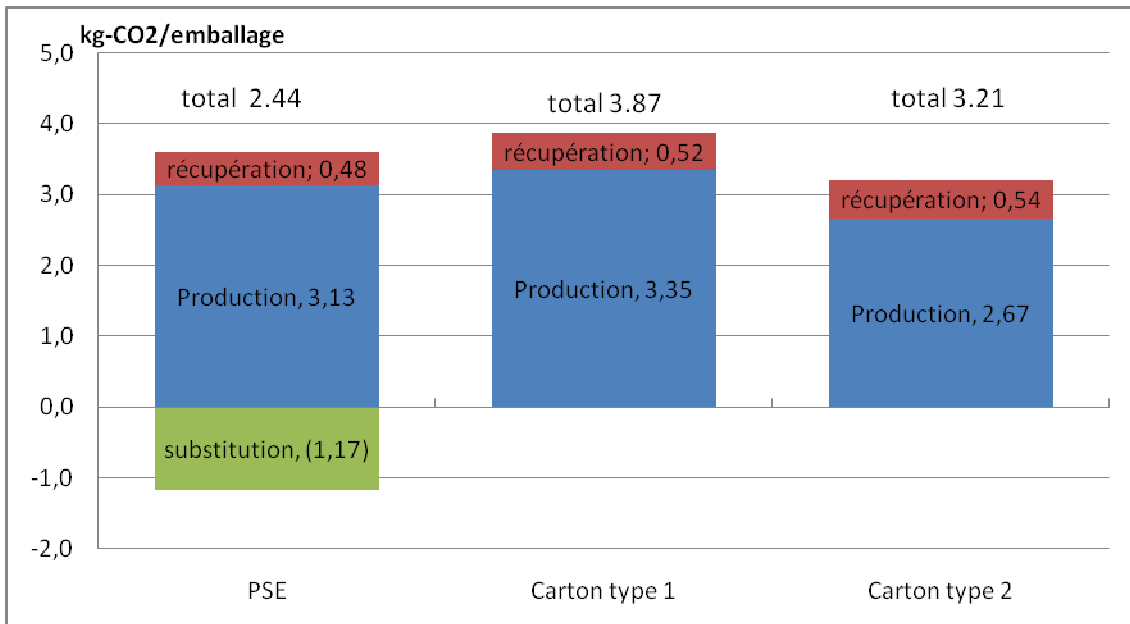
**Illustration 4 – Comparaison de la quantité de CO<sub>2</sub> émise**

Remarque : L'analyse ne tient pas compte de l'absorption de CO<sub>2</sub> associée à la pousse des arbres

Les émissions de CO<sub>2</sub> pour l'emballage PSE se répartissent ainsi : 3,13 kg pour la production, 0,48 kg pour le traitement et recyclage, soit un total de 3,61 kg. Si on retranche la quantité associée à l'utilisation de résine PS recyclée à la place de résine PS neuve, soit 1,17 kg, on obtient un impact total de 2,44 kg,

Pour l'emballage carton, les émissions de CO<sub>2</sub> sont respectivement 3,35 kg (cas n° 1) et 2,67 kg (cas n° 2) pour la production, et 0,52 kg (cas n° 1) et 0,54 kg (cas n° 2) pour le traitement et recyclage, soit un total respectif de 3,87 kg (cas n° 1) et 3,21 kg (cas n° 2).



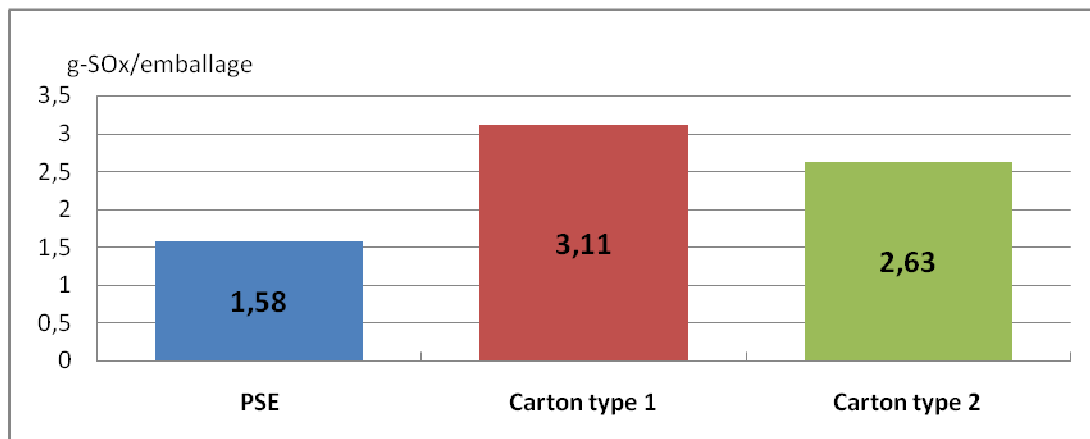


**Illustration 5 – Comparaison de la quantité de CO<sub>2</sub> émise selon les phases du processus**  
 Remarque : L'analyse ne tient pas compte de l'absorption de CO<sub>2</sub> associée à la pousse des arbres

## 2. Impact du SO<sub>x</sub>

Les illustrations 6 et 7 montrent les quantités de SO<sub>x</sub> émises lors de la production, la récupération et le recyclage de l'emballage d'un téléviseur LCD.

La quantité de SO<sub>x</sub> émise est de 1,579 g pour l'emballage PSE, et respectivement de 3,11 g et 2,63 g pour les cas n° 1 et n° 2 de l'emballage carton, l'emballage PSE présentant donc une émission de SO<sub>x</sub> inférieure de respectivement 49,2% et 42,7% par rapport au carton.



**Illustration 6 – Comparaison de la quantité de SO<sub>x</sub> émise**

Les émissions de SO<sub>x</sub> pour l'emballage PSE se répartissent ainsi : 3,43 g pour la production, 0,18 g pour le traitement et recyclage, soit un total de 3,61 g. Si on retranche la quantité associée à l'utilisation de résine PS recyclée à la place de résine PS neuve, soit 2,03 g, on obtient un impact total de 1,58 g,

Pour l'emballage carton, les émissions de SO<sub>x</sub> sont respectivement 2,70 g (cas n° 1) et 2,23 g (cas n° 2) pour la production, et 0,40 g (cas n° 1) et 0,40 g (cas n° 2) pour le traitement et recyclage, soit un total respectif de 3,11 g (cas n° 1) et 2,63 g (cas n° 2).

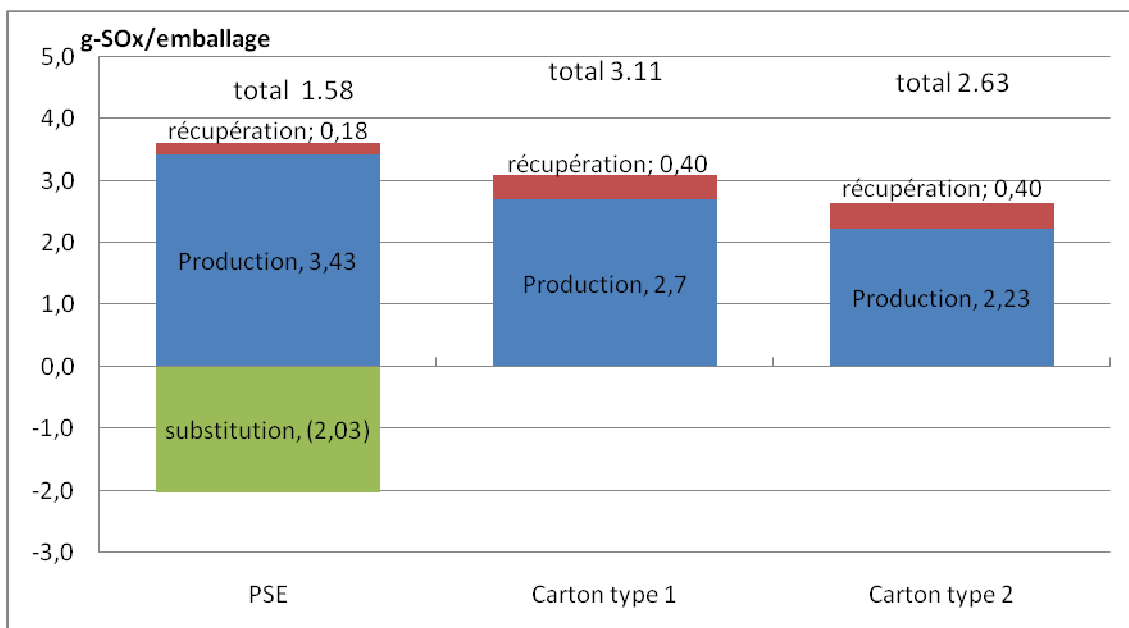


Illustration 7 – Comparaison de la quantité de SO<sub>x</sub> émise selon les phases du processus

### 3. Impact du NOx

Les illustrations 8 et 9 montrent les quantités de NOx émises lors de la production, la récupération et le recyclage de l'emballage d'un téléviseur LCD.

La quantité de NOx émise est de 2,11 g pour l'emballage PSE, et respectivement de 4,28 g et 3,63 g pour les cas n° 1 et n° 2 de l'emballage carton, l'emballage PSE présentant donc une émission de NOx inférieure de respectivement 50,8% et 41,9% par rapport au carton.

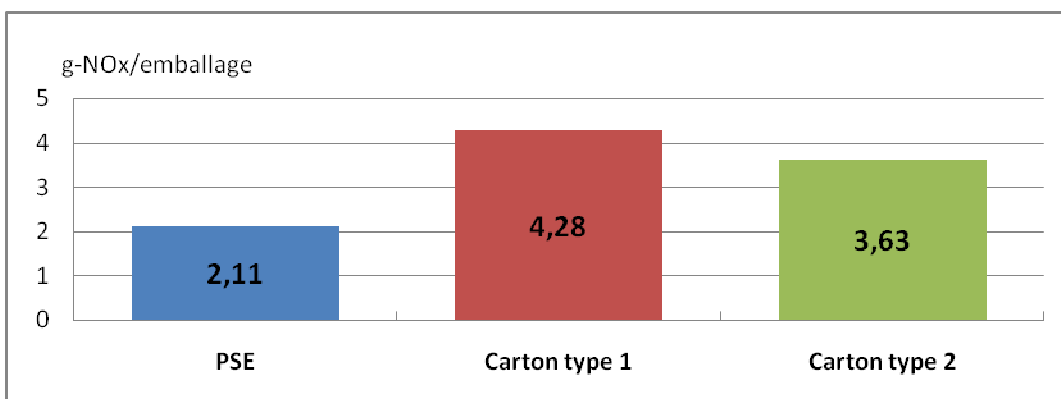


Illustration 8 – Comparaison de la quantité de NOx émise

Les émissions de NOx pour l'emballage PSE se répartissent ainsi : 3,90 g pour la production, 0,38 g pour le traitement et recyclage, soit un total de 4,28 g. Si on retranche la quantité associée à l'utilisation de résine PS recyclée à la place de résine PS neuve, soit 2,17 g, on obtient un impact total de 2,11 g.

Pour l'emballage carton, les émissions de NOx sont respectivement 3,72 g (cas n° 1) et 0,56 g (cas n° 2) pour la production, et 0,56 g (cas n° 1) et 0,58 g (cas n° 2) pour le traitement et recyclage, soit un total respectif de 4,28 g (cas n° 1) et 3,63 g (cas n° 2).

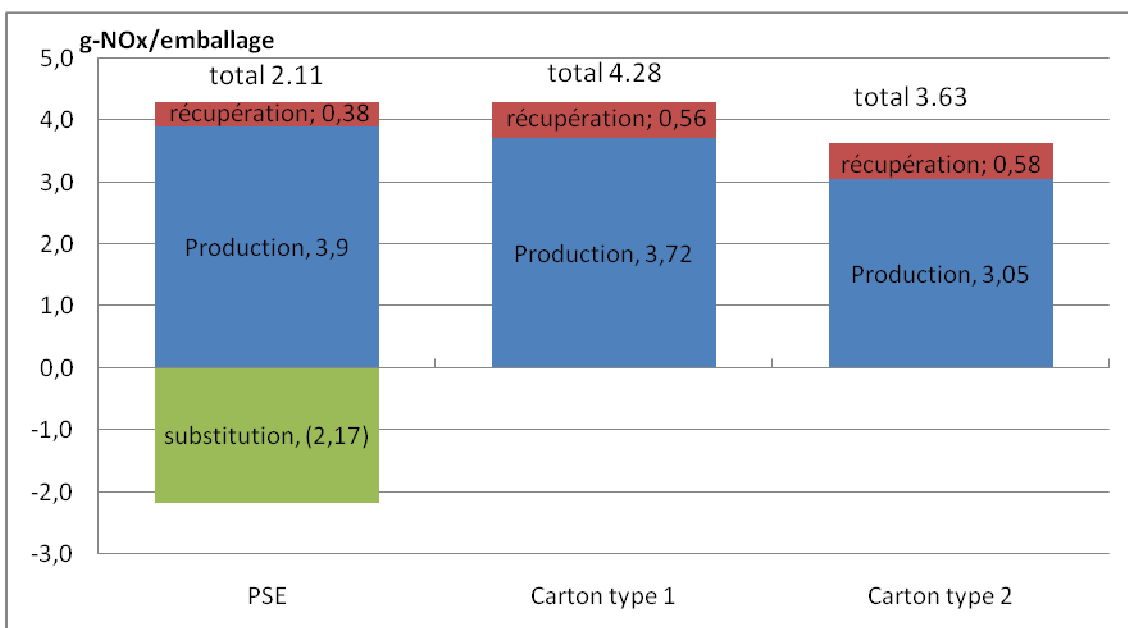


Illustration 9 – Comparaison de la quantité de NOx émise selon les phases du processus

### 3) Déchets solides

Les illustrations 10 et 11 montrent les quantités de déchets solides produites lors de la production, la récupération et le recyclage de l'emballage d'un téléviseur LCD.

La quantité de déchets solides est de 0,127 g pour l'emballage PSE, et respectivement de 1,43 g et 1,08 g pour les cas n° 1 et n° 2 de l'emballage carton, l'emballage PSE présentant donc une quantité de déchets solides inférieure de respectivement 91,1% et 88,2% par rapport au carton.

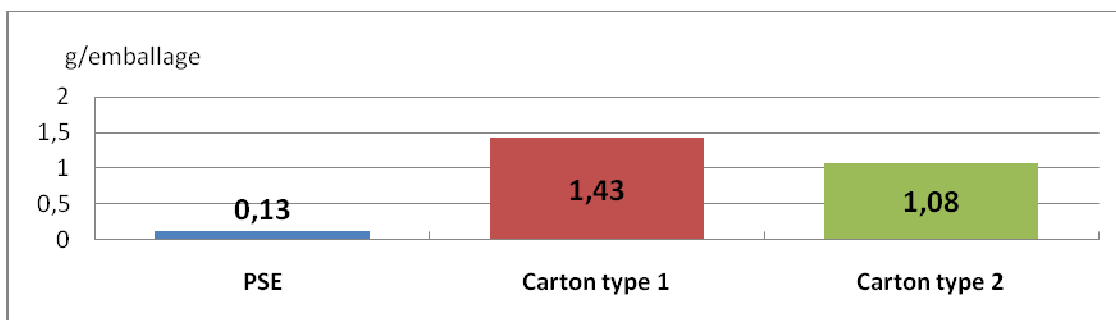


Illustration 10 – Comparaison de la quantité de déchets solides

L'obtention de déchets solides pour l'emballage PSE se répartit ainsi : 0,098 g pour la production, 0,071 g pour le traitement et recyclage, soit un total de 0,179 g. Si on retranche la quantité associée à l'utilisation de résine PS recyclée à la place de résine PS neuve, soit 0,042g, on obtient une quantité totale de 0,127 g.

Pour l'emballage carton, la quantité de déchets solides est respectivement de 1,08 g (cas n° 1) et 0,72 g (cas n° 2) pour la production, et 0,36 g (cas n° 1) et 0,36 g (cas n° 2) pour le traitement et recyclage, soit un total respectif de 1,43 g (cas n° 1) et 1,08 g (cas n° 2).

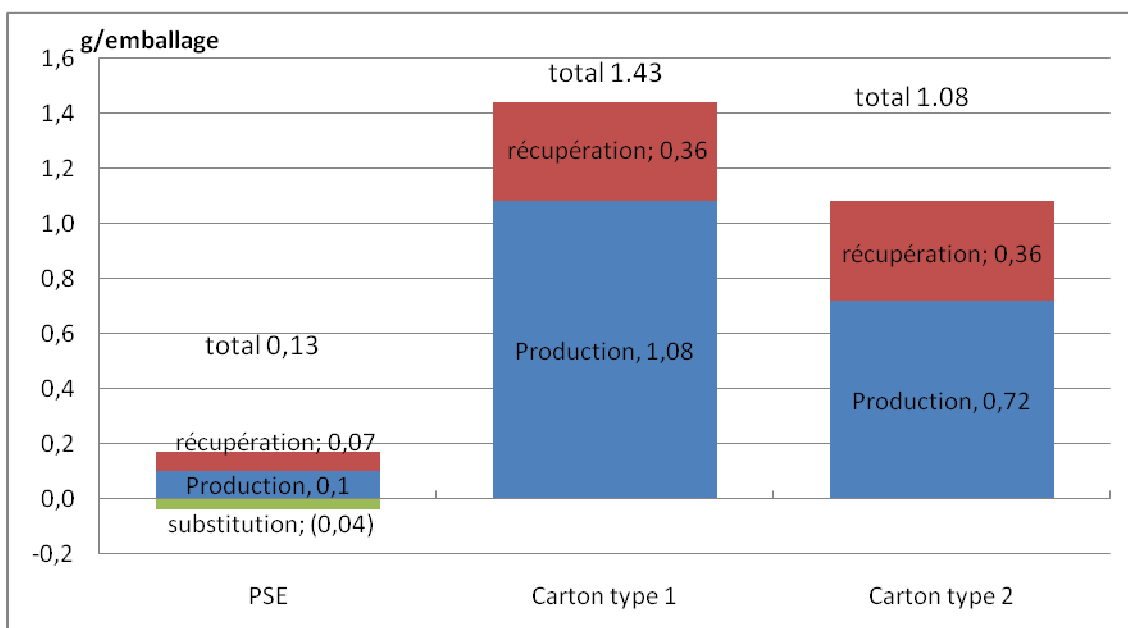


Illustration 11 – Comparaison de la quantité de déchets solides selon les phases du processus

### 3-1-3. Synthèse

### **(1) Comparaison des emballages PSE et carton**

Les résultats de l'analyse ICV menée sur l'utilisation comparée d'un emballage de protection en carton et d'un emballage de protection en PSE pour un téléviseur LCD de 82 cm sont présentés ci-dessous.

En partant de l'hypothèse qu'une résine PS recyclée, issue de l'utilisation, la récupération et la réutilisation des MR d'un emballage en PSE, est employée à la place d'une résine PS neuve, et des différentes conditions de production du carton externe d'un emballage carton (matériaux 100% neufs ou au contraire essentiellement constitués de papier recyclé), l'étude comparée de l'impact environnemental et énergétique d'un emballage PSE et d'un emballage carton a démontré les faits suivants.

La consommation énergétique globale au cours du processus de production d'un emballage (de l'extraction ou la coupe des matières premières à la production puis au recyclage après récupération) est 4 fois plus faible pour un emballage PSE que pour un emballage carton. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont environ 30% inférieures, les émissions de NO<sub>x</sub> et de SO<sub>x</sub> environ 4 fois plus faibles soit un ratio comparable à l'énergie, et la quantité de déchets solides ne vient pas non plus modifier la suprématie du PSE.

Pour l'emballage carton, la différence de consommation énergétique et d'impact environnemental associée à l'origine de la partie externe du carton d'emballage, selon qu'il se compose de matériaux 100% neufs (cas n° 1) ou essentiellement de papier recyclé (cas n° 2), est significative. La raison est que l'apport de matériaux neufs dans le cas n° 2 est très faible puisque le carton externe comporte une proportion très élevée de papier recyclé.

Dans le cadre de son utilisation pour l'emballage d'un téléviseur LCD, l'emballage PSE a un rôle significatif, ainsi que les MR obtenus après récupération et leur recyclage. On peut donc penser que s'il existait un réseau de traitement des emballages PSE pour l'obtention de MR, il serait possible de réduire l'impact énergétique et environnemental par rapport à l'utilisation d'emballages en carton, et de contribuer ainsi à la préservation de l'environnement.

## 3.2. Analyse de la réduction de l'impact environnemental et énergétique associée à l'isolation thermique

### 3-2-1. Hypothèse de travail et méthode d'analyse

Concernant l'isolation thermique, nous nous sommes basés sur le « Rapport sur l'influence des matériaux isolants sur le réchauffement climatique » (publié en mars 1998 par le NEDO, Organisation pour le développement des énergies nouvelles et des technologies industrielles, et dénommé ci-après NEDO-GET-9709) pour comparer la protection thermique selon qu'un isolant PSE est utilisé ou non.

#### (1) Hypothèses principales

Cette analyse mesure la réduction de l'impact énergétique et environnemental associée à l'utilisation d'isolants thermiques en PSE.

- Le tableau 1 présente la protection thermique ainsi que la réduction de CO<sub>2</sub> selon qu'isolant est utilisé ou non et en fonction du type de logement considéré.

Tableau 1 - Economies d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub> associées à l'isolation thermique

#### Maison individuelle (durabilité : 30 ans)

Economie d'énergie (par logement)

Sapporo	797 062	MJ
Morioka	654 125	MJ
Sendai	461 253	MJ
Tokyo	267 368	MJ
Kagoshima	194 942	MJ

Réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> (par logement)

Sapporo	49 443	kg de CO <sub>2</sub>
Morioka	40 564	kg de CO <sub>2</sub>
Sendai	28 613	kg de CO <sub>2</sub>
Tokyo	16 642	kg de CO <sub>2</sub>
Kagoshima	12 140	kg de CO <sub>2</sub>

#### Logements collectifs (durabilité : 60 ans)

Economie d'énergie (par logement)

Sapporo	2 795 408	MJ
Morioka	2 365 704	MJ
Sendai	1 622 625	MJ
Tokyo	1 050 101	MJ
Kagoshima	755 216	MJ

Réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> (par logement)

Sapporo	173 405	kg de CO <sub>2</sub>
Morioka	146 661	kg de CO <sub>2</sub>
Sendai	100 622	kg de CO <sub>2</sub>
Tokyo	65 361	kg de CO <sub>2</sub>
Kagoshima	45 861	kg de CO <sub>2</sub>

Source : NEDO, Rapport sur l'influence des matériaux isolants sur le réchauffement climatique, mars 1998.

- ② Les tableaux 2 et 3 présentent le rendement thermique des isolants PSE ainsi que la quantité d'isolant nécessaire pour atteindre les résultats vus au point ① précédent.

Tableau 2 – Rendement des isolants PSE

Coefficient de conductivité thermique	Densité
W/mK	kg/m <sup>3</sup>
0.0341	22.4

Source : Association des fabricants de mousses en polystyrène expansé

Remarque : Calculs fait sur la base de matériaux respectant les normes JIS

Tableau 3 – Quantité d'isolant PSE nécessaire par logement (unité : kg par logement)

VILLE	Maison individuelle	Logement collectif
Sapporo	713	356
Morioka	524	265
Sendai	472	222
Tokyo	472	213
Kagoshima	472	213

Source : données du NEDO-GET-9709 et tableau 2

③ En déduisant les chiffres obtenus aux points ① et ②, il est possible de calculer l'effet d'un isolant PSE sur la réduction d'énergie et d'impact environnemental.

**(2) Points à noter concernant le calcul**

① Les illustrations 14 et 15 montrent les plans-type considérés pour les logements.

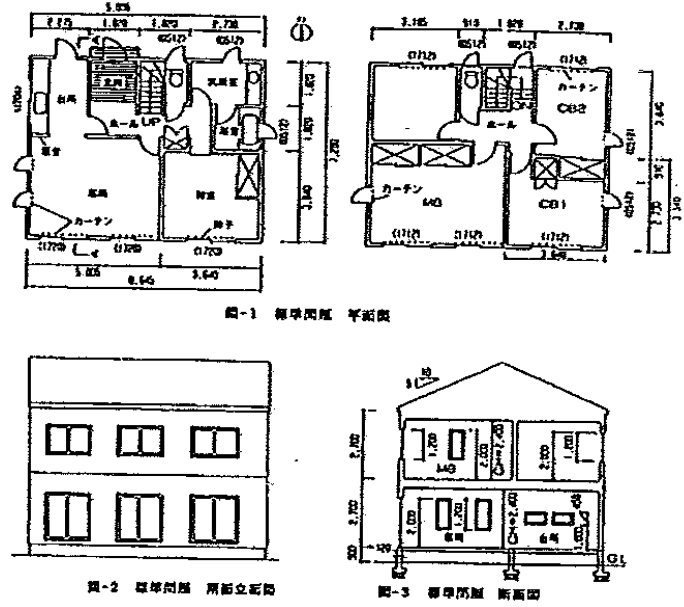


Illustration 14 – Plan type de maison individuelle

(Plan type de maison en bois standard de l'Institut d'Architecture du Japon, superficie 125 m2)

Source : NEDO, Rapport sur l'influence des matériaux isolants sur le réchauffement climatique, mars 1998.

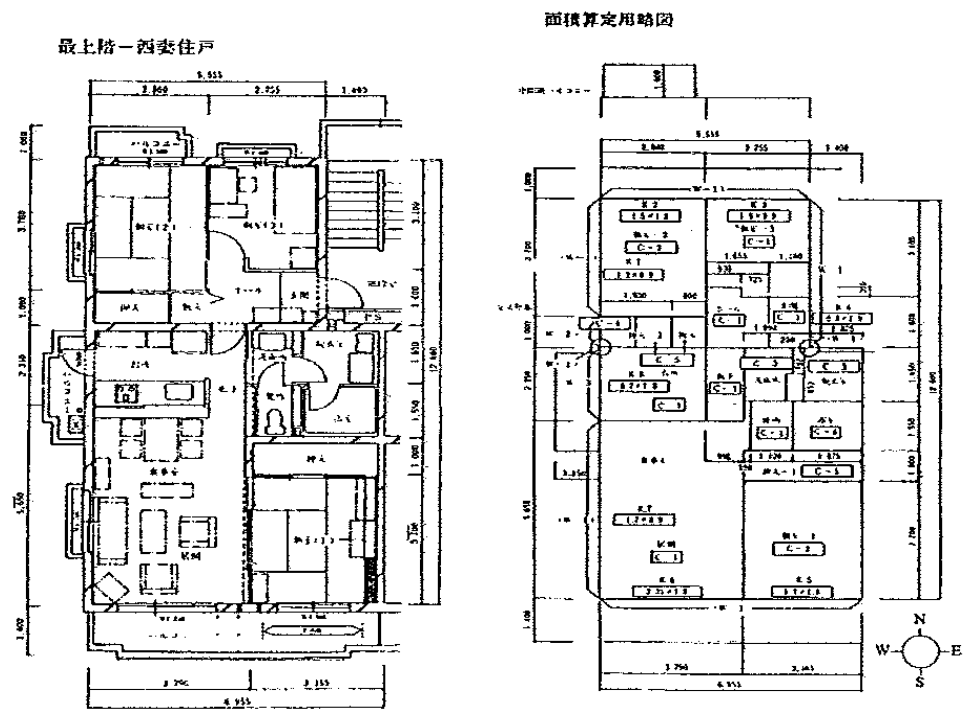


Illustration 15 – Plan type de logement collectif

(Plan standard d'appartement basé sur les normes et principes actuels de réduction d'énergie, superficie 70 m2, immeuble de 5 étages à structure en béton armé, logement au dernier étage, orientation ouest)

Source : NEDO, Rapport sur l'influence des matériaux isolants sur le réchauffement climatique, mars 1998.

② Concernant les isolants PSE, la norme ISO 11561 stipule que les propriétés thermiques du PSE restent inchangées sur une période de 25 ans. Toutefois, un usage prolongé au sein d'une construction architecturale provoquant par exemple des modifications des dimensions, cette étude a pris en compte une baisse du rendement énergétique de l'isolant sur la base de -0,5% pendant les cinq premières 5<sup>e</sup> années et considéré qu'il n'y avait plus de baisse à partir de la sixième année.

③ Dans le résultat final de l'économie réelle d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub> associée aux isolants PSE, on a retranché de la consommation énergétique et de l'émission de CO<sub>2</sub> nécessaires à la production des isolants PSE l'économie globale d'énergie et de CO<sub>2</sub> liée à la durabilité.

### 3-2-2. Résultats de l'analyse

#### (1) Logement individuel (durabilité : 30 ans)

Nous présentons ici les résultats concernant les économies d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub> associées à l'utilisation d'isolants thermiques PSE en maison individuelle.

#### 1) Consommation d'énergie

L'illustration 16 montre les économies d'énergie associées à la production et à l'utilisation d'isolants thermiques PSE.

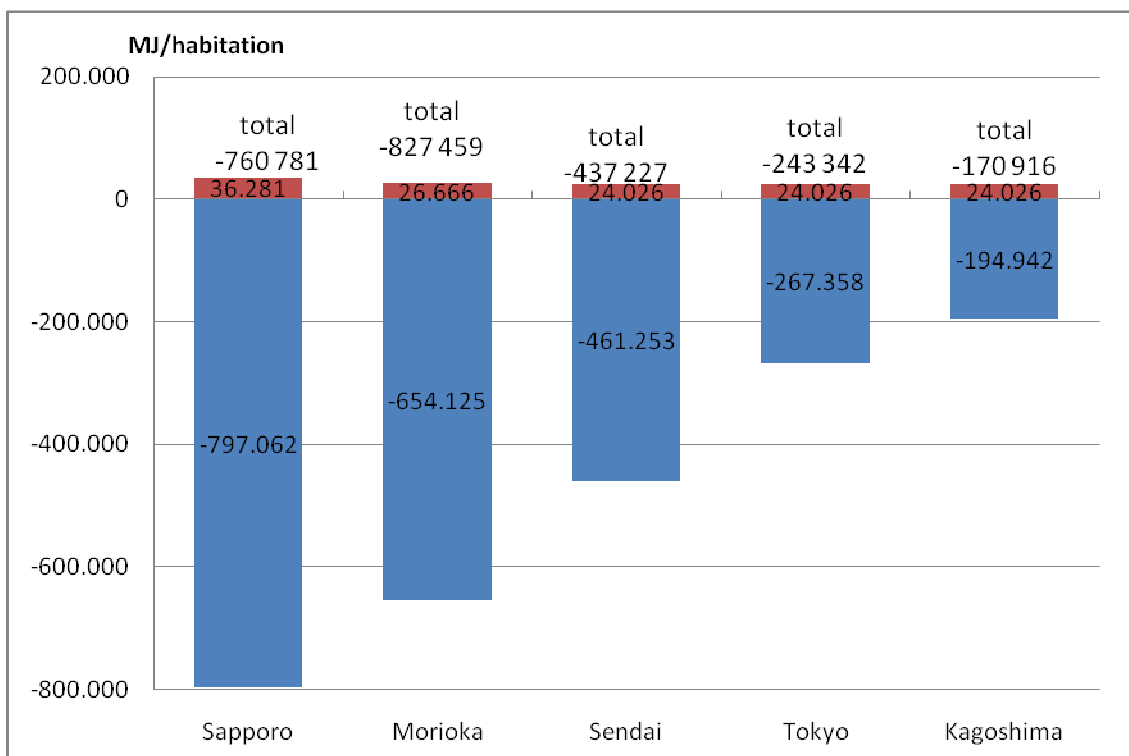


Illustration 16 – Economies d'énergie en maison individuelle (total sur 30 ans)

Les économies d'énergie thermique réalisées sur 30 ans grâce à l'utilisation de matériaux isolants sont de 800 000 MJ dans le cas de Sapporo et de 19 000 MJ dans le cas de Kagoshima. Face à cela, l'énergie associée à la production d'isolants PSE est de 36 000 MJ dans le cas de Sapporo. Le ratio entre l'énergie associée à la production et l'économie liée à la protection thermique est donc de 4,6%. Dans le cas de Kagoshima, la consommation d'énergie



associée à la production d'isolants PSE est de 24 000 MJ, ce qui donne un ratio de 12,3% par rapport à l'économie liée à la protection thermique.

## 2) Impact du CO<sub>2</sub>

L'illustration 17 montre les économies d'émissions de CO<sub>2</sub> associées à la production et l'utilisation d'isolants thermiques PSE.

Les économies d'émissions de CO<sub>2</sub> réalisées sur 30 ans grâce à l'utilisation de matériaux isolants sont de 49 000 kg dans le cas de Sapporo et de 12 000 kg dans le cas de Kagoshima. Face à cela, l'émission de CO<sub>2</sub> associée à la production d'isolants PSE est de 2296 kg dans le cas de Sapporo et le ratio entre l'émission de CO<sub>2</sub> associée à la production et l'économie liée à la protection thermique est donc de 4,6%. Dans le cas de Kagoshima, l'émission de CO<sub>2</sub> associée à la production d'isolants PSE est de 1520 kg, ce qui donne un ratio de 12,5% par rapport à l'économie liée à la protection thermique.

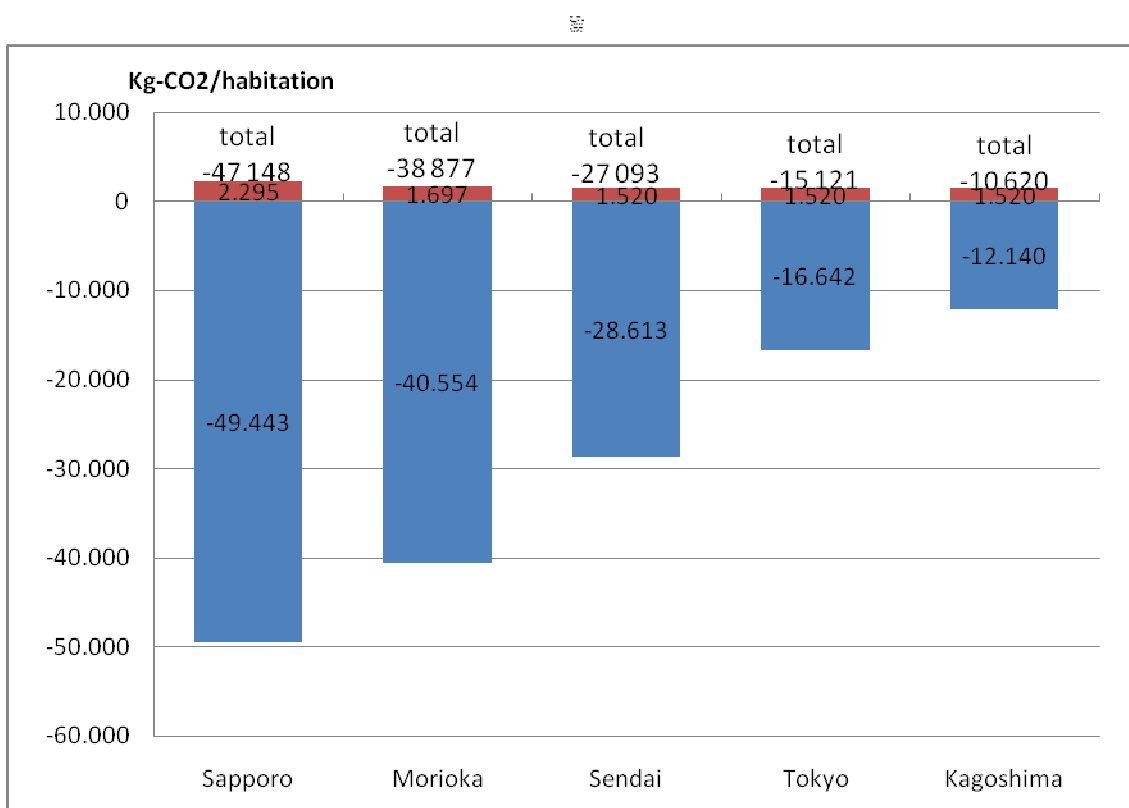


Illustration 17 – Economies d'émissions de CO<sub>2</sub> en maison individuelle (total sur 30 ans)

## (2) Logement collectif (durabilité : 60 ans)

Nous présentons ici les résultats concernant les économies d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub> associées à l'utilisation d'isolants thermiques PSE en logement collectif.

### 1) Consommation d'énergie

L'illustration 18 montre les économies d'énergie associées à la production et l'utilisation d'isolants PSE.

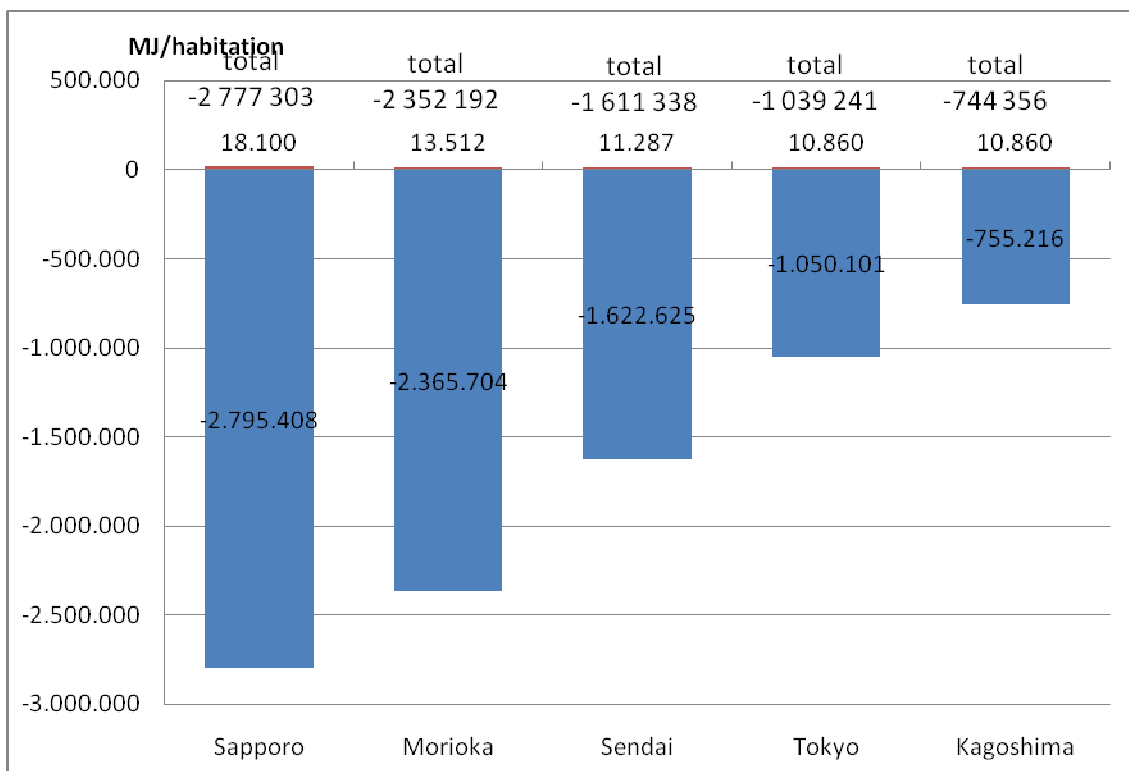


Illustration 18 – Economies d'énergie en logement collectif (total sur 60 ans)

Les économies d'énergie thermique réalisées sur 60 ans grâce à l'utilisation de matériaux isolants sont de 2 800 000 MJ dans le cas de Sapporo et de 76 000 MJ dans le cas de Kagoshima. Face à cela, l'énergie associée à la production d'isolants PSE est de 18 000 MJ dans le cas de Sapporo. Le ratio entre l'énergie associée à la production et l'économie liée à la protection thermique est donc de 0,7%. Dans le cas de Kagoshima, la consommation d'énergie associée à la production d'isolants PSE est de 10 000 MJ, ce qui donne un ratio de 1,4% par rapport à l'économie liée à la protection thermique.

## 2) Impact du CO<sub>2</sub>

L'illustration 19 montre les économies d'émission de CO<sub>2</sub> associées à la production et l'utilisation d'isolants PSE.

Les économies d'émission de CO<sub>2</sub> réalisées sur 60 ans grâce à l'utilisation de matériaux isolants sont de 173 000 kg dans le cas de Sapporo et de 46 000 kg dans le cas de Kagoshima. Face à cela, l'émission de CO<sub>2</sub> associée à la production d'isolants PSE est de 1145 kg dans le cas de Sapporo et le ratio entre l'émission de CO<sub>2</sub> associée à la production et l'économie liée à la protection thermique est donc de 0,7%. Dans le cas de Kagoshima, l'émission de CO<sub>2</sub> associée à la production d'isolants PSE est de 687 kg, ce qui donne un ratio de 1,5% par rapport à l'économie liée à la protection thermique.

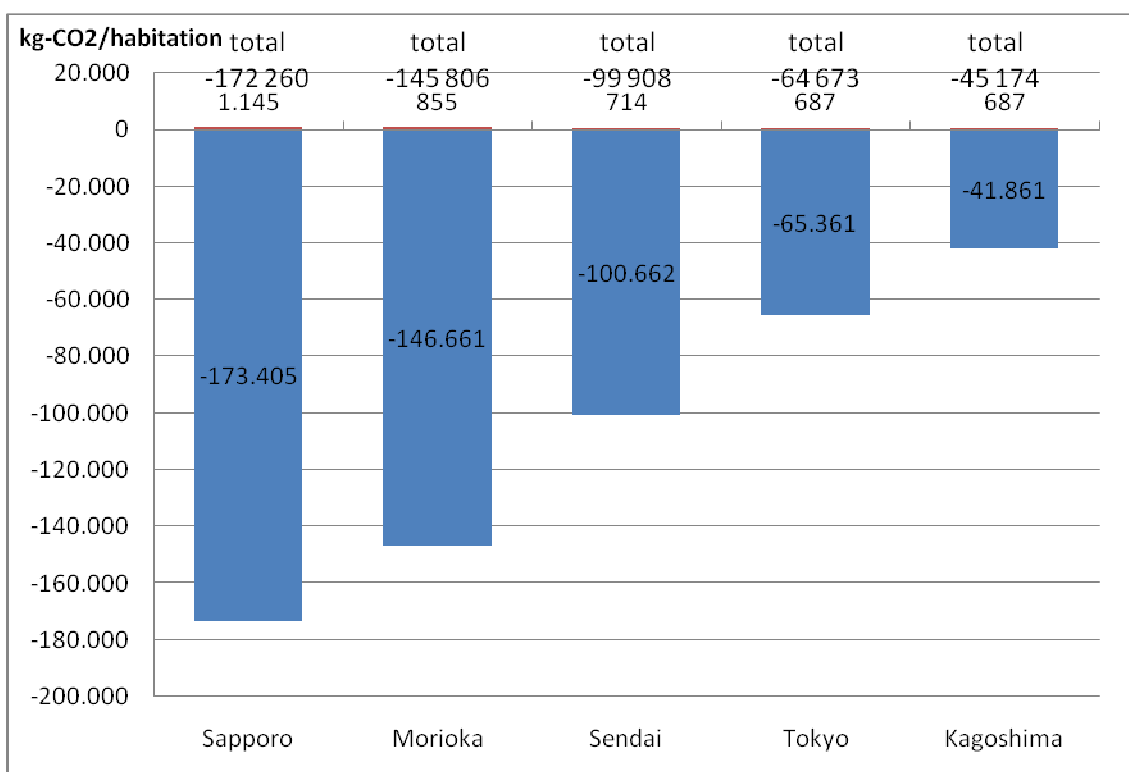


Illustration 19 – Economies d'émissions de CO<sub>2</sub> en logement collectif (total sur 60 ans)

### 3-2-3. Synthèse

En partant de l'hypothèse que la durabilité des isolants PSE est de 30 ans pour une maison individuelle et de 60 ans en logement collectif, cette étude a calculé l'efficacité thermique obtenue. Bien que cette durée soit extrêmement élevée par rapport aux autres utilisations du PSE telles que les conditionnements ou les emballages, on ne détecte aucune altération notable des propriétés thermiques des isolants PSE au fil du temps. Que ce soit sur une période de 30 ans en logement individuel ou de 60 ans en logement collectif, l'économie d'énergie thermique liée à l'utilisation des isolants PSE est observée de façon continue.

La quasi-totalité de cet effet est liée à l'utilisation d'isolants PSE. Les résultats de cette étude ont montré que la contribution des isolants PSE à l'économie d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub> était élevée, et que la consommation d'énergie ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub> associées à la fabrication des isolants PSE étaient faibles en comparaison. En d'autres termes, il a été prouvé que

l'investissement énergétique unitaire requis pour la fabrication des isolants avait un rendement thermique élevé.

En ce qui concerne la contribution des isolants thermiques à la conservation de l'environnement, la valeur des isolants PSE a donc clairement pu être démontrée, grâce notamment à la stabilité et la longue durée de vie des propriétés thermiques, c'est-à-dire l'utilisation possible sur une longue durée de ces matériaux d'isolation.

## Références bibliographiques

Type	Sujet	Nom du document	Date	Source	Remarque
B	Production de résines PSE	Rapport sur l'analyse ICV des produits pétrochimiques	juil. 1999	Plastic Waste Management Institute	Pour l'impact énergétique et environnemental de l'électricité et des carburants on été utilisées les données de ce rapport et les données actualisées.
B	Production de résines PS	id.	id.	id.	Pour l'impact énergétique et environnemental de l'électricité et des carburants on été utilisées les données de ce rapport et les données actualisées. Toutefois, notre étude incluant l'utilisation de résines PS recyclées, nous n'avons pas pris en compte l'investissement en caoutchouc pour la production de résines PS neuves.
F	Production d'emballages PSE	Résultats obtenus par les fabricants de PSE	2001	Association japonaise pour le recyclage du Polystyrène expansé (JEPSRA)	
F	Production d'isolants PSE	id.	2005	id.	
B	Récupération du PSE usagé	Analyse quantitative du recyclage des emballages usagés	mar. 1995	Nomura Research Institute Ltd.	
B	<b>Broyage et xxx du PSE usagé</b>	Rapport sur l'analyse ICV des étapes de recyclage du polystyrène expansé	avr. 2003	Association japonaise pour le recyclage du Polystyrène expansé (JEPSRA)	
B	<b>Broyage et xxx du PSE usagé</b>	id.	id.	id.	
B	Impact énergétique et environnemental des isolants PSE	Rapport sur l'influence des matériaux isolants sur le réchauffement climatique	mar. 1998	NEDO, Organisation pour le développement des énergies nouvelles et des technologies industrielles	
B	Production de bois coupé (conifères)	chalmors	1991	chalmors	
B	Importation de bois coupé (conifères)	Rapport sur l'analyse énergétique des différents matériaux (?)	sept. 1993	Chemical Economy Research Institute	pour la proportion entre bois domestique et bois importé, données combinées avec le 7e rapport d'étude sur l'énergie de Japan TAPPI
B	Récupération du papier		id.	id.	
B	Transformation du bois coupé	7e rapport d'étude sur l'énergie	mai, jun. 2001	Japan Technical Association of pulp and Paper Industry (Japan TAPPI)	sur la base des données annuelles de 1998
B	Production du carton kraft externe	id.	id.	id.	
B	Production du papier pour l'intérieur du carton	id.	id.	id.	
B	Energie publique CO2	estimation des techniques de génération électriques liées aux quantités du cycle de vie du CO2	mar. 2000	Central Research Institute of Electric Power Industry	
B	Energie publique SOx, NOx	Ressources limitées et énergie (édition révisée en 2000)	2000	Federation of Electric Power Companies	
B	Energie publique Consommation d'énergie	Editions 1999 du rapport sur les xx électriques (données 1998)	mar. 2000	Agency for Natural Resources and Energy (éditions)	
B	Produits pétroliers	Rapport sur l'analyse ICV des produits pétroliers par type de pétrol et l'estimation de la xxx des produits pétroliers.	mar. 2000	Japan Petroleum Energy Center (JPEC)	

B	Gaz naturel, charbon	Rapport comparatif de l'ACV du pétrole, du GNL et du charbon	mar. 1999	Japan Petroleum Energy Center (JPEC)	
B	Extraction et transport de ressources	rapport sur les produits pétroliers, le gaz naturel et le charbon	id	id.	
B	xxxx	Rapport sur l'analyse ICV des produits pétrochimiques	Jul. 1997	Plastic Waste Management Institute	
F = sources primaires, B = sources secondaires					

