

# Pavé de voirie en béton

conforme à la norme NF P 01-010

Fiche de  
déclaration  
environnementale  
et sanitaire

**Pavé de voirie en béton**

conforme à la  
norme NF P 01-010

Réf. **104.E**  
Janvier 2007

par  
**Nicolas DECOUSSER**  
**Jérôme DANIS**

## **Avertissement**

La présente Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire a été établie par le CERIB et validée par une tierce partie.

Les informations contenues dans cette fiche sont fournies sous la responsabilité du CERIB et de la FIB selon la norme NF P 01-010.

Toute exploitation, totale ou partielle, des informations ainsi fournies doit au minimum être accompagnée de la référence complète à la fiche d'origine ainsi qu'à son producteur qui pourra remettre un exemplaire complet.

Sont seuls autorisés à faire référence à cette fiche les fabricants de produits ressortissants du CERIB pour leur activité exercée en France.

© CERIB – 28 Épernon

104.E – janvier 2007 - ISSN 0249-6224 – EAN 9782857551966

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous  
procédés réservés pour tous pays

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

# ***SOMMAIRE***

<b>Résumé.....</b>	<b>5</b>
<b>Avant propos .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Caractérisation du produit.....</b>	<b>9</b>
1.1 Définition de l'Unité Fonctionnelle (UF) .....	9
1.2 Masse de produit nécessaire pour l'UF.....	9
1.3 Caractérisations techniques utiles non contenues dans la définition de l'UF .....	9
<b>2. Données d'inventaire et autres données - Commentaires relatifs à la maîtrise des effets environnementaux et sanitaires du produit.....</b>	<b>10</b>
2.1 Consommation de ressources naturelles .....	10
2.2 Émission dans l'environnement (eau, air, sol) .....	14
2.3 Production des déchets.....	20
<b>3. Contribution du produit aux impacts environnementaux.....</b>	<b>21</b>
<b>4. Contribution du produit à la maîtrise des risques sanitaires et à la qualité de vie à l'intérieur du bâtiment.....</b>	<b>22</b>
4.1 Contribution du produit à la maîtrise des risques sanitaires.....	22
4.2 Contribution du produit au confort.....	22
<b>5. Autres contributions du produit notamment par rapport à des préoccupations d'écogestion du bâtiment .....</b>	<b>23</b>
<b>Annexe technique.....</b>	<b>25</b>



## ***Résumé***

*Ce document fournit l'information disponible sur les caractéristiques environnementales et sanitaires d'un mètre carré de revêtement de pavés de voirie en béton. Ces informations sont présentées conformément à la norme NF P 01-010 « Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction ». Elles correspondent aux données nécessaires au choix de produits de construction en considérant leurs caractéristiques environnementales et sanitaires dans le cadre notamment d'une démarche de construction de type HQE®. Le format utilisé est basé sur la fiche de déclaration AIMCC.*

*La fiche a été soumise pour ses parties traitant des caractéristiques environnementales (chapitres 1, 2 et 3 de la fiche) à une revue critique visant à vérifier l'adéquation par rapport aux exigences de la norme NF P 01-010. Cette revue critique a été effectuée par la société O2 France.*

## ***Summary***

*The aim of this document is to provide present available information on environment and health related to one square meter of a concrete paving blocks. This information is presented in accordance with the French standard NF P 01-010 « Environmental quality of construction products ». It represents the necessary data to choose between construction products as far as environmental and health characteristics are considered, for example in the framework of the French HQE projects (Green / Sustainable constructions). The format used is the modified AIMCC form.*

*Parts of the form dealing with environmental information (Chap. 1, 2 and 3) have been critically reviewed in order to check accordance with the NF P 01-010 standard. The critical review was endorsed by O2 France company.*



## Avant Propos

Cette fiche constitue un cadre adapté à la présentation des caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction conformément aux exigences de la norme NF P 01-010 et à la fourniture de commentaires et d'informations complémentaires utiles dans le respect de l'esprit de cette norme en matière de sincérité et de transparence.

### Validations

La présente fiche a été soumise pour ses parties traitant des caractéristiques environnementales (Chapitres 1, 2 et 3 de la fiche) à une revue critique visant à vérifier l'adéquation aux exigences de la norme NF P 01-010. Cette revue critique a été effectuée par la société O2 France (le rapport de revue est disponible sur demande auprès du CERIB).

### Producteur des données

Le producteur des données présentées dans cette fiche est le CERIB.

Les caractéristiques environnementales (Chapitres 1, 2 et 3 de la fiche) découlent d'une Analyse de Cycle de Vie (ACV) réalisée par le CERIB en 2006. Pour ce travail, le logiciel de calcul d'ACV TEAM<sup>®</sup> et entre autres sources de données, la base de données DEAM<sup>®</sup> (pour les données n'ayant pas fait l'objet d'un recueil spécifique) ont été utilisés.

Pour plus de détail se reporter aux informations en annexe.

### Représentativité des données

#### *Géographique*

Les données sont jugées représentatives de la production moyenne française en ce qui concerne la production des pavés de voirie en béton, faisant l'objet d'une certification NF selon la norme NF EN 1338.

#### *Temporelle*

Les données principales utilisées s'échelonnent des années 2003 à 2005.

Pour plus de détails, se reporter aux informations en annexe.

#### *Technologique*

Les données présentées ici correspondent à des process de niveau technologique moyen actuel.

Pour plus de détails, se reporter aux informations en annexe.

### Origine des données

Les sources des données sont précisées en annexe de ce document.

### Mode de production des données

Les données présentées sont issues de calculs d'ACV menés selon les normes ISO de la série 14040. Les données principales ont fait l'objet de collectes spécifiques sur sites de production.

### Remarques préliminaires sur les seuils d'affichage de certaines données

Dans les tableaux du chapitre 2, dans un souci de simplification et de lisibilité, seules les valeurs supérieures à  $10^{-6}$  (0,000001) sont reportées. Il a été vérifié que les valeurs affichées dans ces tableaux participent à plus de 99,9 % aux indicateurs d'impacts environnementaux du chapitre 3.





## 1. Caractérisation du produit selon NF P 01-010

### 1.1 Définition de l'Unité fonctionnelle (UF)

Assurer le revêtement d'un mètre carré de voirie ou d'espace public pendant une annuité.  
Le revêtement est réalisé pour supporter les charges piétonnes ainsi qu'un trafic de classe t5 (selon la norme NF P 98335).

Le produit est mis en œuvre selon les règles de l'art.  
La durée de vie typique (DVT) retenue est de 50 ans.

### 1.2 Masse de produit nécessaire pour l'unité fonctionnelle (UF)

**Quantité de produits et, éventuellement de produits complémentaires et d'emballage de distribution, contenue dans l'UF sur la base d'une Durée de Vie Typique (DVT) de 50 ans.**

La fonction est assurée par un mètre carré de pavés rouges en béton bi-couche de dimensions 20 x 10 x 6 cm, faisant l'objet d'une certification NF selon la norme NF EN 1338.

#### **Produit**

- 140 kg de pavés en béton sont nécessaires à la mise en œuvre d'un m<sup>2</sup> de revêtement soit 2,8 kg pour l'UF.

#### **Produit complémentaire**

- 97 kg de sable sont nécessaires à la mise en œuvre (lit de pose et joint) et à la vie en œuvre (regarnissage des joints) d'un m<sup>2</sup> de revêtement, soit 1,94 kg pour l'UF.

#### **Emballage de distribution**

- 0,65 kg de palette de bois sont nécessaires pour le transport d'un m<sup>2</sup> de pavés, soit 13 g pour l'UF (en considérant une moyenne de 4,3 rotations de la palette).  
- 88 g de housse plastique (PEHD) sont nécessaires pour le transport d'un m<sup>2</sup> de pavés, soit 1,76 g pour l'UF.

#### *Note :*

Les emballages sont intégrés dans l'analyse.

### 1.3 Caractéristiques techniques utiles non contenues dans la définition de l'unité fonctionnelle

Les pavés en béton résistent à long terme aux agressions climatiques (gel-dégel) ainsi qu'à la circulation (abrasion).  
Ils présentent une résistance à la glissance et au dérapage garantissant la sécurité des piétons et des véhicules.

**Les données d'inventaire de cycle de vie qui sont présentées ci-après ont été calculées pour l'unité fonctionnelle définie en 1.1 et 1.2**

## 2. Données d'Inventaire et autres données selon NF P 01-010 Commentaires relatifs aux effets environnementaux et sanitaires du produit

### 2.1 Consommations des ressources naturelles

#### 2.1.1 Consommation des ressources naturelles énergétiques et indicateurs énergétiques

##### *Consommation des ressources naturelles énergétiques*

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie <sup>3</sup>	
							Par annuité <sup>1</sup>	pour toute la DVT <sup>2</sup>
Bois	kg	2.17E-02					2.17E-02	1.09E+00
Charbon	kg	8.70E-03	9.12E-06	1.84E-04	4.57E-05	2.09E-06	8.94E-03	4.47E-01
Lignite	kg	5.95E-05		1.88E-06			6.24E-05	3.12E-03
Gaz naturel	kg	5.16E-03	2.30E-04	1.88E-04	3.94E-05	5.27E-05	5.67E-03	2.84E-01
Pétrole	kg	3.51E-02	9.78E-03	2.97E-03	4.26E-04	2.24E-03	5.05E-02	2.53E+00
Uranium (U)	kg	1.46E-06					1.58E-06	7.91E-05

##### *Indicateurs énergétiques*

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie <sup>3</sup>	
							Par annuité <sup>1</sup>	pour toute la DVT <sup>2</sup>
Énergie Primaire Totale	MJ	3.06E+00	4.19E-01	1.89E-01	3.37E-02	9.58E-02	3.80E+00	1.90E+02
Énergie Renouvelable	MJ	2.87E-01	1.63E-04	3.01E-03	7.47E-04	3.73E-05	2.91E-01	1.46E+01
Énergie Non Renouvelable	MJ	2.77E+00	4.19E-01	1.86E-01	3.30E-02	9.57E-02	3.51E+00	1.75E+02
Énergie procédé	MJ	2.89E+00	4.19E-01	1.88E-01	3.33E-02	9.58E-02	3.63E+00	1.82E+02
Énergie matière	MJ	1.70E-01	1.45E-06	1.91E-03	4.77E-04		1.72E-01	8.61E+00
Électricité <sup>4</sup>	kWh	9.21E-02	3.05E-04	5.65E-03	1.40E-03	6.96E-05	9.95E-02	4.98E+00

1 les valeurs sont exprimées pour l'Unité Fonctionnelle c'est-à-dire par mètre carré de revêtement et par an.

2 les valeurs sont exprimées pour un mètre carré de revêtement pour toute la durée de vie.

3 du fait du choix d'affichage des seules valeurs supérieures à 10<sup>-6</sup>, pour certaines lignes, le « Total Cycle de Vie » peut être supérieur à la somme des valeurs affichées pour les différentes étapes (le « Total Cycle de Vie » ayant bien été effectué en considérant toutes les valeurs).

4 la consommation d'électricité est déjà comptabilisée dans les flux énergétiques précédents (Énergie primaire totale, Énergie Renouvelable...).

##### **Commentaires relatifs à la consommation de ressources énergétiques**

L'indicateur d'Énergie Primaire Totale figurant dans le tableau ci-dessus comprend l'énergie récupérée par la valorisation énergétique de déchets en cimenterie.

La valeur de cette énergie récupérée est de 19,96 MJ pour toute la DVT, soit 0,4 MJ par UF.

Cette énergie figure dans le tableau 2.1.4 en « énergie récupérée ».

Si l'on considère cette énergie comme un apport gratuit, l'énergie totale est alors de :

190,12 – 19,96 = 170,16 MJ pour toute la DVT soit 3,4 MJ pour l'UF.

## 2.1.2 Consommation des ressources naturelles non énergétiques

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Antimoine (Sb)	kg							
Argent (Ag)	kg							
Argile	kg	1.02E-01		1.69E-06			1.02E-01	5.10E+00
Arsenic (As)	kg							
Bauxite (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	kg	7.18E-06					7.66E-06	3.83E-04
Bentonite	kg							2.31E-05
Bismuth (Bi)	kg							
Bore (B)	kg							
Cadmium (Cd)	kg							
Calcaire	kg	4.16E-01	2.69E-06	1.64E-05	4.01E-06		4.17E-01	2.08E+01
Carbonate de Sodium (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	kg							
Chlorure de Sodium (NaCl)	kg	2.48E-05	1.33E-06	1.28E-06			2.80E-05	1.40E-03
Chrome (Cr)	kg							
Cobalt (Co)	kg							
Cuivre (Cu)	kg							
Dolomie	kg	1.93E-06					1.93E-06	9.67E-05
Étain (Sn)	kg							
Feldspath	kg							
Fer (Fe)	kg			5.74E-05	1.43E-05		7.28E-05	3.64E-03
Fluorite (CaF <sub>2</sub> )	kg							
Gravier*	kg	4.19E-05	7.11E-06	2.69E-06		1.63E-06	5.38E-05	2.69E-03
Lithium (Li)	kg							
Kaolin (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2SiO <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O)	kg							
Magnésium (Mg)	kg							
Manganèse (Mn)	kg							
Mercure (Hg)	kg							
Molybdène (Mo)	kg							
Nickel (Ni)	kg							
Or (Au)	kg							
Palladium (Pd)	kg							
Platine (Pt)	kg							
Plomb (Pb)	kg							
Chlorure de Potassium (KCl)	kg							
Rhodium (Rh)	kg							1.12E-05
Rutile (TiO <sub>2</sub> )	kg							
Sable*	kg							
Silice (SiO <sub>2</sub> )	kg	2.62E-05		1.81E-06			2.87E-05	1.44E-03
Soufre (S)	kg							1.16E-05
Sulfate de baryum (BaSO <sub>4</sub> )	kg	3.46E-06					4.08E-06	2.04E-04
Titane (Ti)	kg							
Tungstène (W)	kg							
Vanadium (V)	kg							
Zinc (Zn)	kg			1.50E-06			1.50E-06	7.50E-05
Zirconium (Zr)	kg							
Matières premières végétales non spécifiées avant	kg							
Matières premières animales non spécifiées avant	kg							
Produits intermédiaires non remontés (total)	kg	2.27E-04		2.22E-06			2.29E-04	1.15E-02
Roches et granulats (d'origine alluvionnaire, roche sédimentaire et éruptive)	kg	2.73E+00		1.69E+00	4.23E-01		4.85E+00	2.42E+02
Gypse	kg	3.16E-03					3.16E-03	1.58E-01
Matières premières non spécifiées avant (total)	kg	3.22E-05	7.84E-06	5.36E-06	1.08E-06	1.79E-06	4.82E-05	2.41E-03

(\*) La majeure partie des granulats utilisés sur le cycle de vie est comptabilisée sous « Roches et granulats (d'origine alluvionnaire, roches sédimentaires et éruptives) » et non sous « Gravier » ou « Sable ».

### Commentaires relatifs à la consommation de ressources non énergétiques

Plus de 99 % en masse les ressources non énergétiques consommées correspondent à des matériaux minéraux extraits pour la production des granulats du béton, pour le lit de pose (d'origine alluvionnaire, roche sédimentaire ou éruptive) et pour la production du ciment (calcaire et argile).

### 2.1.3 Consommation d'eau

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Eau : Lac	litre							
Eau : Mer	litre	2.68E-04		2.10E-06			2.70E-04	1.35E-02
Eau : Nappe Phréatique	litre	5.93E-01		3.00E-01	7.49E-02		9.68E-01	4.84E+01
Eau : Origine non Spécifiée	litre	6.13E-01	4.07E-02	2.92E-02	5.98E-03	9.30E-03	6.98E-01	3.49E+01
Eau : Rivière	litre	1.74E-03					1.74E-03	8.71E-02
Eau Potable (réseau)	litre	2.28E-02		4.99E-04	1.25E-04		2.34E-02	1.17E+00
Eau Consommée (total)	litre	1.23E+00	4.07E-02	3.30E-01	8.10E-02	9.30E-03	1.69E+00	8.47E+01

### Commentaires relatifs à la consommation d'eau

Les consommations d'eau données dans le tableau ci-dessus correspondent à l'eau totale puisée dans le milieu. L'eau est consommée à 73 % durant la phase de production et à 19,5 % durant la phase de mise en œuvre. Une grande partie de cette eau (54 %) est utilisée en carrière pour le lavage des granulats. Cette eau est restituée au milieu naturel après épuration des éléments « polluants » qui ne sont pour l'essentiel que des matières minérales en suspension.

## 2.1.4 Consommation d'énergie récupérée, de matière récupérée

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Énergie Récupérée	MJ	3.99E-01					3.99E-01	2.00E+01
Matière Récupérée Total	kg	1.16E-01	8.11E-06	1.43E-05	2.87E-06	1.85E-06	1.16E-01	5.79E+00
Matière Récupérée Acier	kg	1.23E-02	8.11E-06	1.26E-05	2.87E-06	1.85E-06	1.23E-02	6.15E-01
Matière Récupérée Aluminium	kg							
Matière Récupérée Métal (non spécifié)	kg	8.04E-03					8.04E-03	4.02E-01
Matière Récupérée Papier-Carton	kg							
Matière Récupérée Plastique	kg							
Matière Récupérée Calcin	kg	4.50E-03					4.50E-03	2.25E-01
Matière Récupérée Biomasse	kg	5.03E-03		1.77E-06			5.03E-03	2.52E-01
Matière Récupérée Minérale	kg	5.72E-02					5.72E-02	2.86E+00
Matière Récupérée Non spécifiée	kg	2.87E-02					2.87E-02	1.44E+00

### Commentaires relatifs à la consommation d'énergie et de matière récupérée

La plupart des matières récupérées sont des matières valorisées, sous forme d'énergie ou de matière, lors de la fabrication du ciment entrant dans la composition du produit.

## 2.2 Émissions dans l'environnement (eau, air et sol)

### 2.2.1 Émissions dans l'air

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Hydrocarbures (non spécifiés)*	g							
Hydrocarbures (non spécifiés, excepté méthane)	g	2.09E-01	1.08E-01	3.49E-02	5.24E-03	2.46E-02	3.81E-01	1.91E+01
HAP (non spécifiés)	g	1.98E-06					2.22E-06	1.11E-04
Méthane (CH4)	g	1.86E-01	4.85E-02	1.78E-02	2.88E-03	1.11E-02	2.66E-01	1.33E+01
Composés organiques volatils (ex : acétone, acétate...)	g	3.11E-02	3.55E-03	1.22E-03	1.89E-04	8.12E-04	3.68E-02	1.84E+00
Dioxyde de Carbone (CO2)	g	3.36E+02	3.18E+01	1.01E+01	-9.99E-01	4.78E+00	3.81E+02	1.91E+04
Monoxyde de Carbone (CO)	g	8.73E-01	8.23E-02	3.47E-02	5.99E-03	1.88E-02	1.01E+00	5.07E+01
Oxydes d'Azote (NOx en NO2)	g	8.86E-01	3.77E-01	1.15E-01	1.65E-02	8.63E-02	1.48E+00	7.40E+01
Protoxyde d'Azote (N2O)	g	4.60E-03	4.10E-03	1.07E-03	1.34E-04	9.38E-04	1.08E-02	5.42E-01
Ammoniaque (NH3)	g	1.91E-02		5.50E-05	1.37E-05		1.92E-02	9.58E-01
Poussières (non spécifiées)	g	3.94E-01	2.18E-02	1.53E-01	3.74E-02	4.98E-03	6.10E-01	3.05E+01
Oxydes de Soufre (SOx en SO2)	g	3.98E-01	1.39E-02	1.02E-02	2.10E-03	3.17E-03	4.27E-01	2.14E+01
Hydrogène Sulfureux (H2S)	g	2.56E-04	3.03E-06	2.57E-05	6.31E-06		2.92E-04	1.46E-02
Acide Cyanhydrique (HCN)	g							4.42E-05
Composés chlorés organiques (en Cl)	g	1.26E-04					1.26E-04	6.30E-03
Acide Chlorhydrique (HCl)	g	3.43E-03	2.32E-05	1.35E-04	3.29E-05	5.29E-06	3.63E-03	1.81E-01
Composés chlorés inorganiques (en Cl)	g							
Composés chlorés non spécifiés (en Cl)	g							4.83E-05
Composés fluorés organiques (en F)	g	1.18E-06					2.38E-06	1.19E-04
Composés fluorés inorganiques (en F)	g	4.13E-04	1.90E-06	5.58E-06	1.33E-06		4.22E-04	2.11E-02
Composés halogénés (non spécifiés)	g	1.76E-06					1.76E-06	8.82E-05
Composés fluorés non spécifiés (en F)	g							
Cadmium et ses composés (en Cd)	g	7.81E-06					9.22E-06	4.61E-04
Chrome et ses composés (en Cr)	g	2.25E-05					2.29E-05	1.14E-03
Cobalt et ses composés (en Co)	g	5.83E-06					6.48E-06	3.24E-04
Cuivre et ses composés (en Cu)	g	1.60E-05					1.70E-05	8.51E-04
Étain et ses composés (en Sn)	g	5.61E-06					5.61E-06	2.81E-04
Manganèse et ses composés (en Mn)	g	1.57E-05					1.58E-05	7.92E-04
Mercure et ses composés (en Hg)	g	6.50E-06					6.56E-06	3.28E-04
Nickel et ses composés (en Ni)	g	5.29E-05	7.22E-06	3.33E-06		1.65E-06	6.58E-05	3.29E-03

(suite page suivante)

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Plomb et ses composés (en Pb)	g	6.66E-05	2.66E-06	3.80E-06			7.46E-05	3.73E-03
Sélénium et ses composés (en Se)	g	5.51E-06					5.83E-06	2.91E-04
Tellure et ses composés (en Te)	g	3.51E-06					3.51E-06	1.76E-04
Zinc et ses composés (en Zn)	g	9.57E-04	1.23E-03	2.88E-04	3.22E-05	2.81E-04	2.79E-03	1.39E-01
Vanadium et ses composés (en V)	g	1.05E-04	2.89E-05	1.32E-05	2.37E-06	6.60E-06	1.56E-04	7.79E-03
Silicium et ses composés (en Si)	g	6.99E-04	2.11E-06	3.91E-05	9.70E-06		7.50E-04	3.75E-02
Abestos	g							4.40E-05
Acide sulfurique	g							4.44E-05
Antimoine et ses composés (en Sb)	g	1.39E-05					1.39E-05	6.96E-04
Arsenic et ses composés (en As)	g	5.02E-06					5.53E-06	2.76E-04
Bore et ses composés	g	4.02E-05		2.51E-06			4.35E-05	2.18E-03
Brome (Br)	g	7.40E-06					8.06E-06	4.03E-04
Cyanide (CN-)	g							1.87E-05
Disulfide de Carbone (CS <sub>2</sub> )	g	1.60E-04		9.88E-05	2.47E-05		2.84E-04	1.42E-02
Goudron (non spécifié)	g							9.94E-06
Hydrogène (H <sub>2</sub> )	g	2.50E-05					2.52E-05	1.26E-03
Iodure (I)	g	1.86E-06					2.02E-06	1.01E-04
Matière Organique (non spécifié)	g	2.70E-04		4.22E-06	1.05E-06		2.75E-04	1.38E-02
Mercaptans	g							4.82E-05
Métaux (non spécifiés)	g	1.02E-03	1.48E-05	6.07E-05	1.47E-05	3.37E-06	1.11E-03	5.55E-02
Phosphore (P)	g	4.05E-06					4.35E-06	2.17E-04

(\*) Déjà comptabilisé dans le flux « Hydrocarbures (non spécifiés, excepté méthane) ».

### Commentaires relatifs aux émissions dans l'air

#### *Dioxyde de carbone*

88 % des émissions sont attribuables à la phase de production. Durant toute la vie du béton, du dioxyde de carbone est réabsorbé par carbonatation. Cette réabsorption a été comptabilisée lors des étapes de vie en œuvre et de fin de vie (à parts égales sur ces deux phases) du fait de leur durée importante. Ceci explique le chiffre négatif d'émission de dioxyde de carbone durant la vie en œuvre (voir l'Annexe technique pour plus d'information).

#### *Hydrocarbures*

55 % des émissions ont lieu lors de la phase de production, 28 % lors du transport du produit, 9 % durant la phase de mise en œuvre et 6,5 % lors de la phase de fin de vie.

#### *Oxydes d'azote*

60 % des émissions ont lieu lors de la phase de production, 25,5 % lors du transport du produit, 8 % durant la phase de mise en œuvre et 6 % lors de la phase de fin de vie.

#### *Oxydes de soufre*

93 % des émissions ont lieu lors de la phase de production, 6 % lors des phases de transport et de mise en œuvre.

#### *Poussières*

64,5 % des émissions ont lieu lors de la phase de production, 25 % lors de la phase de mise en œuvre, 6 % lors de la phase de vie en œuvre et 3,5 % lors de la phase de transport.



## 2.2.2 Émissions dans l'eau

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
DCO (Demande Chimique en Oxygène)	g	6.15E-02	1.45E-03	5.11E-04	8.09E-05	1.84E-02	8.19E-02	4.09E+00
DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène)	g	1.12E-04	4.37E-05	1.58E-05	2.54E-06	4.34E-03	4.52E-03	2.26E-01
Matière en Suspension (MES)	g	1.45E-02	2.43E-04	3.69E-04	8.43E-05	1.99E-02	3.51E-02	1.75E+00
Cyanure (CN-)	g	1.45E-05	2.06E-06			1.18E-05	2.93E-05	1.46E-03
AOX (Halogènes des composés organiques absorbables)	g	4.29E-06	2.04E-06				7.85E-06	3.93E-04
Hydrocarbures (non spécifiés)	g	1.09E-02	6.15E-03	1.86E-03	2.66E-04	1.46E-03	2.06E-02	1.03E+00
Composés azotés (en N)	g	2.69E-03	1.35E-03	4.17E-04	6.04E-05	7.72E-03	1.22E-02	6.12E-01
Composés phosphorés (en P)	g	5.47E-05	4.01E-06	1.37E-06			6.12E-05	3.06E-03
Composés fluorés organiques (en F)	g							
Composés fluorés inorganiques (en F)	g	4.76E-05	1.01E-05	4.62E-06		2.32E-06	6.55E-05	3.27E-03
Composés fluorés non spécifiés (en F)	g							
Composés chlorés organiques (en Cl)	g	3.94E-06					4.03E-06	2.02E-04
Composés chlorés inorganiques (en Cl)	g	8.43E-01	4.97E-01	1.51E-01	2.17E-02	1.23E-01	1.64E+00	8.18E+01
Composés chlorés non spécifiés (en Cl)	g							
HAP (non spécifiés)	g	1.80E-03	1.17E-03	3.51E-04	4.97E-05	2.68E-04	3.63E-03	1.82E-01
Métaux (non spécifiés)	g	6.21E-02	4.00E-02	1.20E-02	1.71E-03	9.65E-03	1.25E-01	6.27E+00
Aluminium et ses composés (en Al)	g	5.05E-04	5.57E-06	3.72E-05	9.11E-06	1.27E-06	5.58E-04	2.79E-02
Arsenic et ses composés (en As)	g	2.16E-06					3.43E-06	1.71E-04
Cadmium et ses composés (en Cd)	g	1.82E-06				5.81E-06	8.55E-06	4.27E-04
Chrome et ses composés (en Cr)	g	8.50E-06	2.37E-06			1.19E-05	2.37E-05	1.19E-03
Cuivre et ses composés (en Cu)	g	3.76E-06	1.37E-06				5.97E-06	2.99E-04
Étain et ses composés (en Sn)	g							
Fer et ses composés (en Fe)	g	1.73E-03	1.20E-04	7.74E-05	1.54E-05	2.75E-05	1.97E-03	9.84E-02
Mercure et ses composés (en Hg)	g						1.05E-06	5.26E-05
Nickel et ses composés (en Ni)	g	6.36E-06	2.34E-06				1.01E-05	5.07E-04
Plomb et ses composés (en Pb)	g	2.99E-05		1.97E-06		5.78E-06	3.86E-05	1.93E-03
Zinc et ses composés (en Zn)	g	1.81E-05	4.08E-06	1.46E-06		5.75E-05	8.14E-05	4.07E-03
Eau rejetée	Litre	8.08E-01	1.66E-03	4.67E-01	1.17E-01	3.79E-04	1.39E+00	6.97E+01
Acides (H+)	g	4.84E-04		1.68E-06			4.87E-04	2.43E-02
Acide Borique (H3BO3)	g	5.23E-05		3.52E-06			5.69E-05	2.84E-03
Acides Gras (non spécifiés)	g	2.74E-05		1.70E-05	4.24E-06		4.86E-05	2.43E-03
Acide Oxalique ((COOH)2)	g							9.65E-06
Alcool (non spécifié)	g	2.57E-06					2.80E-06	1.40E-04
Bore (B III)	g	2.39E-05	1.56E-05	4.68E-06		3.57E-06	4.85E-05	2.42E-03
Bromates (BrO3-)								4.40E-05
Carbonates (CO3--, HCO3-, CO2, as C)	g	5.81E-05		3.18E-06			6.23E-05	3.12E-03
Carbone Organique Dissous (COD)	g	3.52E-05	3.06E-06	2.12E-06			4.15E-05	2.07E-03
COT (Carbone Organique Total)	g	1.09E-02	7.07E-03	2.14E-03	3.04E-04	6.48E-03	2.69E-02	1.34E+00

(suite page suivante)

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
COV (Composés Organiques Volatils)	g	5.16E-04	3.36E-04	1.01E-04	1.43E-05	7.68E-05	1.04E-03	5.22E-02
Iode (I-)	g	1.48E-04	9.62E-05	2.89E-05	4.09E-06	2.20E-05	2.99E-04	1.49E-02
Matière chlorée (non spécifiée)	g	9.94E-05	8.65E-06	5.96E-06	1.21E-06	1.98E-06	1.17E-04	5.86E-03
Matière Dissoute (non spécifiée)	g	2.75E-02	4.36E-05	2.53E-04	6.17E-05	9.96E-06	2.78E-02	1.39E+00
Matière Inorganique Dissoute (non spécifiée)	g	2.04E-04					2.05E-04	1.02E-02
Matière Organique Dissoute (non spécifiée)	g	3.99E-04					4.00E-04	2.00E-02
Matière Organique (non spécifiée)	g							4.79E-05
Métaux alcalins (Na+, K+)	g	4.72E-01	3.00E-01	9.06E-02	1.29E-02	6.86E-02	9.44E-01	4.72E+01
Phénol (C6H5OH)	g	1.79E-04	1.11E-04	3.35E-05	4.76E-06	3.96E-05	3.68E-04	1.84E-02
Sélénium (Se II, Se IV, Se VI)	g	3.15E-06				2.92E-06	6.86E-06	3.43E-04
Sels (non spécifiés)	g	1.67E-04	1.19E-06	1.12E-05	2.77E-06		1.82E-04	9.11E-03
Sulfates (SO4--)	g	9.61E-02	8.30E-03	7.87E-03	1.70E-03	1.15E-02	1.25E-01	6.27E+00
Sulfate de Baryum	g	6.25E-04	5.44E-05	3.75E-05	7.60E-06	1.24E-05	7.37E-04	3.68E-02
Sulfides (S--)	g	2.69E-05	1.56E-05	4.69E-06		3.56E-06	5.14E-05	2.57E-03
Sulfite (SO3--)	g							5.84E-06
Triéthylène Glycol (C6H14O4)	g	3.52E-05	3.06E-06	2.11E-06			4.15E-05	2.07E-03

### Commentaires relatifs aux émissions dans l'eau

#### *Demande chimique en oxygène*

75 % des émissions ont lieu lors de la phase de production, 22 % lors de la phase de fin de vie.

#### *Matières en Suspension*

41 % des émissions ont lieu lors de la phase de production, 57 % lors de la phase de fin de vie.

#### *Métaux*

49,5 % des émissions ont lieu lors de la phase de production, 32 % lors du transport du produit, 10 % durant la phase de mise en œuvre et 8 % lors de la phase de fin de vie.

## 2.2.3 Émissions dans le sol

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Arsenic et ses composés (en As)	g							1.04E-06
Biocides <sup>a)</sup>	g							
Cadmium et ses composés (en Cd)	g							
Chrome et ses composés (en Cr)	g							1.30E-05
Cuivre et ses composés (en Cu)	g							
Étain et ses composés (en Sn)	g							
Fer et ses composés (en Fe)	g	8.82E-05	7.66E-06	5.34E-06	1.09E-06	1.75E-06	1.04E-04	5.20E-03
Plomb et ses composés (en Pb)	g							
Mercure et ses composés (en Hg)	g							
Nickel et ses composés (en Ni)	g							
Zinc et ses composés (en Zn)	g							3.91E-05
Métaux lourds (non spécifiés)	g							
Aluminium (Al)	g	4.42E-05	3.84E-06	2.67E-06			5.21E-05	2.60E-03
Calcium (Ca)	g	1.76E-04	1.53E-05	1.07E-05	2.17E-06	3.50E-06	2.08E-04	1.04E-02
Carbone (C)		1.32E-04	1.15E-05	8.02E-06	1.63E-06	2.63E-06	1.56E-04	7.81E-03
Hydrocarbures (non spécifiés)	g	5.99E-03					5.99E-03	3.00E-01
Manganèse (Mn)	g	1.76E-06					2.08E-06	1.04E-04
Metolachlor								
Phosphore (P)	g	2.21E-06					2.61E-06	1.30E-04
Soufre (S)	g	2.65E-05	2.30E-06	1.60E-06			3.12E-05	1.56E-03

a Biocides : par exemple, pesticides, herbicides, fongicides, insecticides, bactéricides, etc.

## 2.3 Production des déchets

### 2.3.1 Déchets valorisés

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Énergie Récupérée	MJ							
Matière Récupérée : Total	kg	7.72E-02		1.30E-02	2.59E-01	1.54E+00	1.89E+00	9.43E+01
Matière Récupérée : Acier	kg	6.63E-04		4.72E-05	1.18E-05		7.22E-04	3.61E-02
Matière Récupérée : Aluminium	kg							
Matière Récupérée : Métal (non spécifié)	kg							
Matière Récupérée : Papier-Carton	kg	7.43E-06					7.43E-06	3.72E-04
Matière Récupérée : Plastique	kg	4.97E-06					4.97E-06	2.48E-04
Matière Récupérée : Calcin	kg							
Matière Récupérée : Biomasse	kg	5.49E-03					5.49E-03	2.75E-01
Matière Récupérée : Minérale	kg	7.10E-02		1.30E-02	2.59E-01	1.54E+00	1.88E+00	9.40E+01
Matière Récupérée : Non spécifiée	kg	7.18E-05		2.25E-05	5.61E-06		1.00E-04	5.00E-03

#### Commentaires relatifs aux déchets valorisés

La majorité des déchets valorisés (82 %) correspondent au sable du lit de pose comptabilisé comme matière récupérée après la dépose des pavés.

### 2.3.2 Déchets éliminés

Flux	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
							Par annuité	pour toute la DVT
Déchets dangereux	kg	4.03E-04	1.05E-05	3.08E-05	7.34E-06	2.40E-06	4.55E-04	2.27E-02
Déchets non dangereux	kg	1.91E-03	8.68E-06	1.85E-03	2.19E-05	1.99E-06	3.79E-03	1.89E-01
Déchets inertes	kg	2.03E-02	2.03E-05	6.55E-03	1.30E-01	2.78E+00	2.94E+00	1.47E+02
Déchets radioactifs	kg	2.08E-05	6.84E-06	2.73E-06		1.56E-06	3.24E-05	1.62E-03
Déchets de mine	kg	9.74E-03	3.53E-05	6.50E-04	1.61E-04	8.06E-06	1.06E-02	5.30E-01

#### Commentaires relatifs à la production et aux modalités de gestion des déchets

Les déchets sont, pour plus de 99 %, des déchets inertes de béton correspondant à l'élimination du produit en fin de vie.

Ne nécessitant pas d'opération de tri, ces déchets inertes de béton peuvent être aisément recyclés, après traitement, comme granulats secondaires. Dans le cadre de cette fiche, ces déchets de fin de vie sont considérés comme partant intégralement en décharge de classe 3. Ceci est conforme à la norme NF P 01-010, puisque la part des déchets traités actuellement par les filières de recyclage est encore limitée.

En France, la filière de traitement et de recyclage des déchets inertes de démolition est toutefois en fort développement.

Les déchets radioactifs listés dans le tableau ci-dessus ont pour origine le processus de production d'électricité en centrales nucléaires.

### 3. Contribution du produit aux impacts environnementaux selon NF P 01-010

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des impacts environnementaux représentatifs pour l'Unité Fonctionnelle ainsi que pour toute la DVT. Ces impacts ont été calculés conformément à la norme NF P 01-010.

N°	Impact environnemental	Valeur		Unité		
		par UF <sup>(1)</sup>	par mètre carré de revêtement <sup>(2)</sup>			
1	Consommation de ressources énergétiques :					
	Énergie primaire totale	3,80	190,12	<b>MJ</b>		
	dont énergie récupérée <sup>(3)</sup>	0,4	19,96	<b>MJ</b>		
	Énergie renouvelable	0,29	14,56	<b>MJ</b>		
	Énergie non renouvelable	3,51	175,42	<b>MJ</b>		
2	Indicateur d'épuisement de ressources (ADP)	$1,24 \cdot 10^{-3}$	$6,22 \cdot 10^{-2}$	<b>kg équivalent antimoine</b>		
3	Consommation d'eau	1,69	84,73	<b>Litres</b>		
4	Déchets solides	Valorisés	1,89	94,3	<b>kg</b>	
		Éliminés	Déchets dangereux	$4,55 \cdot 10^{-4}$	$2,27 \cdot 10^{-2}$	<b>kg</b>
			Déchets non dangereux (DIB)	$3,79 \cdot 10^{-3}$	0,19	<b>kg</b>
			Déchets inertes	2,94	147	<b>kg</b>
			Déchets radioactifs	$3,24 \cdot 10^{-5}$	$1,62 \cdot 10^{-3}$	<b>kg</b>
5	Changement climatique	0,39	19,51	<b>kg éq CO<sub>2</sub></b>		
6	Acidification atmosphérique	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$7,52 \cdot 10^{-2}$	<b>kg éq SO<sub>2</sub></b>		
7	Pollution de l'air	35,48	1 774,05	<b>m<sup>3</sup></b>		
8	Pollution de l'eau	0,17	8,39	<b>m<sup>3</sup></b>		
9	Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	$6,46 \cdot 10^{-19}$	$3,23 \cdot 10^{-17}$	<b>kg CFC-11 éq.</b>		
10	Formation d'ozone photochimique	$1,52 \cdot 10^{-4}$	$7,62 \cdot 10^{-3}$	<b>kg d'éthylène éq.</b>		

(1) Les valeurs sont exprimées pour l'unité fonctionnelle c'est-à-dire par mètre carré de revêtement pour une annuité (avec pour base de calcul une durée de vie typique de 50 ans).

(2) Les valeurs sont exprimées pour un mètre carré de revêtement pendant toute la durée de vie.

(3) L'énergie récupérée correspond à l'énergie provenant des différents types de déchets valorisés en cimenterie.

## 4. Contribution du produit à l'évaluation des risques sanitaires et de la qualité de vie à l'intérieur du bâtiment selon NF P 01-010 § 7

### Contribution du produit à la maîtrise des risques sanitaires lors de la mise en œuvre

La coupe par sciage à sec de produits de construction minéraux peut être à l'origine de poussières alvéolaires de silice cristalline libre (particules de diamètre inférieur à 5 µm). Lorsqu'elle est nécessaire, la coupe de pavés est effectuée par casse et non par sciage ce qui évite la formation des particules de faible dimension.

#### 4.1 Contribution du produit à la maîtrise des risques sanitaires (NF P 01-010 § 7.2)

##### 4.1.1 Contribution du produit à la qualité sanitaire des espaces intérieurs (NF P 01-010 § 7.2.1)

**Non concerné**

Le pavé en béton étudié est utilisé en aménagement extérieur.

##### 4.1.2 Contribution du produit à la qualité sanitaire de l'eau (NF P 01-010 § 7.2.2)

Les pavés en béton ont un très bon comportement vis-à-vis de la lixiviation par les eaux de ruissellement.

#### 4.2 Contribution du produit au confort (NF P 01-010 § 7.3)

##### 4.2.1 Caractéristiques du produit participant à la création des conditions de confort hygrothermique dans le bâtiment (NF P 01-010 § 7.3.1)

**Non concerné**

Le pavé en béton étudié est destiné à l'aménagement extérieur.

##### 4.2.2 Caractéristiques du produit participant à la création des conditions de confort acoustique dans le bâtiment (NF P 01-010 § 7.3.2)

**Non concerné**

Le pavé en béton étudié est destiné à l'aménagement extérieur.

##### 4.2.3 Caractéristiques du produit participant à la création des conditions de confort visuel dans le bâtiment (NF P 01-010 § 7.3.3)

**Non concerné**

Le pavé en béton étudié est destiné à l'aménagement extérieur.

##### 4.2.4 Caractéristiques du produit participant à la création des conditions de confort olfactif dans le bâtiment (NF P 01-010 § 7.3.4)

**Non concerné**

Le pavé en béton étudié est destiné à l'aménagement extérieur.

## 5. Autres contributions du produit notamment par rapport à des préoccupations d'écogestion du bâtiment

### Écogestion du bâtiment

#### 5.1 Gestion de l'énergie

La possibilité de recourir à des pavés de teintes claires permet de diminuer les puissances d'éclairage nocturne et peut ainsi contribuer à réduire les consommations énergétiques.

#### 5.2 Gestion de l'eau

Les revêtements pavés en béton posés sur sable contribuent au piégeage des polluants essentiellement fixés sur les matières en suspension des eaux de ruissellement (métaux lourds, hydrocarbures).

#### 5.3 Entretien et maintenance

Les pavés en béton présentent de très bonnes caractéristiques de résistance mécanique, de résistance aux agressions climatiques (gel-dégel) et à l'abrasion. Les caractéristiques font l'objet d'un contrôle régulier dans le cadre de la certification NF, garantissant l'aptitude à l'emploi des produits certifiés et permettant ainsi un entretien réduit.

Le respect de caractéristiques dimensionnelles précises (attestées par la marque NF) et la pose selon la norme NF P 98-335, incluant notamment le blocage des rives par des bordures, préviennent les risques de dégradation de la voirie tels que déchaussement de pavés, rupture de la planéité ou orniérage. L'emploi de pavés autobloquants réduit encore ces risques si besoin.

Les pavés constituent un revêtement modulaire garantissant leur bonne réparabilité car par nature démontable. Cette aptitude à la dépose et au réemploi des pavés permet la reconstitution à l'identique des revêtements de voirie (après intervention sur des réseaux enterrés par exemple) sans altérer les qualités esthétiques de l'espace public ou de la voirie.

De par leur matériau constitutif, les caractéristiques de surface des pavés en béton (rugosité, résistance au glissement et au dérapage) restent inchangées lors d'exposition directe au soleil, ce qui garantit le confort et la sécurité des usagers et permet de s'affranchir de réparations estivales du revêtement.

Un regarnissage périodique des joints peut être à prévoir en fonction des conditions d'utilisation et d'entretien du revêtement (cette opération a été comptabilisée dans l'analyse : cf. Annexe technique).



# ANNEXE TECHNIQUE

## Caractérisation des données principales

### Description des étapes du cycle de vie

#### Production

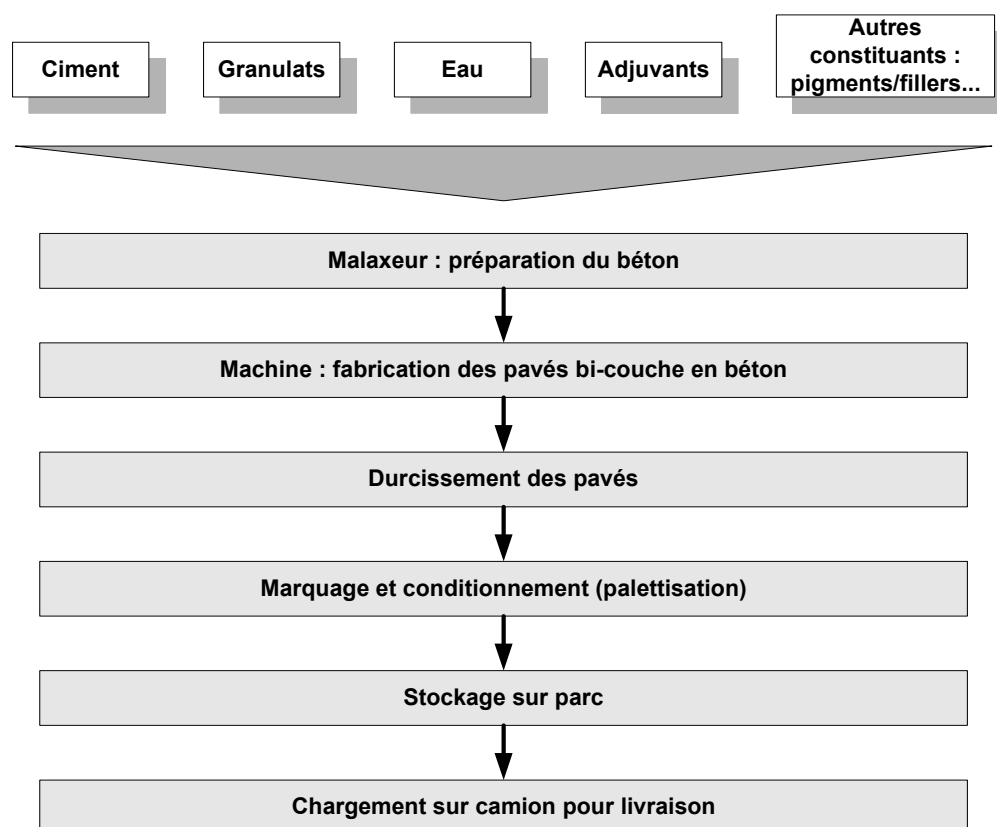
Cette étape comprend :

- la production des matières premières entrant dans la composition des pavés ;
- le transport de ces matières ;
- la fabrication des pavés jusqu'à leur chargement pour livraison.

Le procédé de production en usine inclut les étapes suivantes :

- préparation du béton par mélange des différentes matières premières ;
- fabrication des pavés en béton dans une machine ;
- durcissement des pavés en béton ;
- marquage et conditionnement sur palette ;
- stockage sur parc et chargement pour livraison.

*Schéma du procédé de production*



## **Livraison**

Transport des produits par camion depuis le site de production jusqu'au chantier de construction.

## **Mise en œuvre**

L'étape de mise en œuvre comprend la pose des pavés (y compris la production et le transport des produits complémentaires de mise en œuvre et les emballages).

## **Vie en œuvre**

Un regarnissage des joints a été comptabilisé tous les 5 ans.

## **Fin de vie**

Cette étape comprend :

- la dépose des pavés manuellement, puis à l'aide d'une pelle mécanique,
- l'élimination des pavés : transport des pavés déposés et stockage en centre d'enfouissement de classe 3 pour déchets inertes.

## **Définition du système**

**Principales étapes incluses ou exclues :**

### ***Incluses***

- Production des pavés en béton [1]
- Production du ciment CEM I 52,5 R [2]
- Production des granulats [3]
- Production d'adjuvants [4]
- Production de fillers calcaires [5]
- Production d'huiles [6]
- Production de palettes en bois [7]
- Production d'électricité en France [8]
- Production et combustion de gasoil par les engins [9]
- Extraction et combustion de fuel léger [10]
- Production et combustion de propane [11]
- Production et combustion de gaz naturel [12]
- Production de Polyéthylène Haute Densité (PEHD) [13]
- Production d'acier secondaire [14]
- Production de pigments minéraux [15]
- Transport par route [16]
- Incinération de bois [17]
- Mise en œuvre [18]
- Dépose [19]
- Mise en décharge de classe 3 [20]

### ***Exclues***

- En règle générale, le transport des employés, les départements administratifs, la construction des engins, appareils et équipements nécessaires à la production des matières premières et des pavés en béton à l'exception des pièces d'usure (les impacts sur l'environnement liés à la construction des équipements sont amortis sur l'ensemble de leur durée d'utilisation).
- Traitement des déchets (excepté celui lié au produit en fin de vie conformément à la norme NF P 01-010).

## Règle de coupure

La norme NF P 01-010 recommande que la part de la masse des produits entrants non remontés (c'est-à-dire pour lesquels la production n'a pas été comptabilisée) soit inférieure à 2 % de la masse totale des entrants. Ce seuil est respecté dans l'étude.

Comme spécifié dans la norme, les flux non intégrés dans les frontières du système ne correspondent pas à des substances classées T+, T, Xn ou N selon l'arrêté du 20 avril 1994 (relatif à la déclaration, la classification, l'emballage, et l'étiquetage des substances).

## Prise en compte des coproduits

Comme recommandé dans la norme NF P 01-010, c'est principalement la méthode des stocks qui est utilisée comme règle afin d'éviter les allocations.

## Principales hypothèses

### [1] Production des pavés en béton

Une allocation massique a été réalisée pour l'imputation de certaines consommations (électricité, carburant, huiles) à la production de pavés en béton par rapport à la totalité des productions annuelles du site tous formats confondus.

Les distances moyennes de transport des principales matières premières sont de :

- 176 km pour le transport du ciment ;
- 70 km pour le transport des granulats.

Les transports sont effectués par camion.

### Emballages

Les emballages sont inclus dans les frontières du système.

Les palettes de bois sont consignées et les housses plastiques sont collectées sur le chantier comme déchets industriels banals afin d'être acheminées vers un lieu de traitement adapté.

### Livraison

On considère un nombre moyen de rotation de palettes en bois de 4,33.

La distance moyenne de transport des pavés jusqu'au chantier est de 150 km.

Le transport est effectué par camion de 24 tonnes.

À défaut de données statistiques, l'hypothèse d'un retour systématique à vide a été retenue. Cette hypothèse est toutefois pénalisante car des retours chargés se produisent.

### Mise en œuvre

La mise en œuvre est effectuée selon les règles de l'art (fascicule n° 29 du CCTG et norme NF P 98-335).

On considère la couche d'assise de voirie déjà en place.

Le lit de pose est comptabilisé et est réalisé, sur une épaisseur de 4 cm, par du sable.

La pose des pavés s'effectue à la main par une équipe de poseurs. La réalisation des joints et le compactage au moyen d'un matériel de compactage dynamique sont comptabilisés.

### Vie en œuvre

Un regarnissage des joints, une fois tous les 5 ans, a été comptabilisé dans l'analyse. On considère à chaque regarnissage un rajout d'un tiers du sable des joints avec une perte de l'ordre de 20 %.

Les opérations de nettoyage ne sont pas comptabilisées étant donné la variabilité de technique et de fréquence de ces opérations selon l'environnement dans lequel le revêtement est considéré.

### Dépose

La dépose du revêtement de pavés est effectuée manuellement puis à l'aide d'une pelle mécanique.

Le sable du lit de pose est laissé sur place et considéré comme valorisé pour la pose du futur revêtement.

## Mise en décharge

La totalité des déchets de pavés en béton est stockée en décharge de classe 3.

Les données concernant la lixiviation du béton sont issues d'analyses effectuées au CERIB (2002).

Ces données sont comptabilisées dans la phase de fin de vie.

## Carbonatation

Le béton réabsorbe, tout au long de sa vie, du dioxyde de carbone atmosphérique lors du processus de carbonatation. Ce processus a été pris en compte dans l'ACV. L'hypothèse retenue est celle d'une réabsorption d'une masse de CO<sub>2</sub> correspondant à 18 % de la masse de ciment présent sur une épaisseur de 5 mm d'une seule face du pavé. Cette réabsorption a été comptabilisée à parts égales sur les phases de vie en œuvre et de fin de vie en raison de leur durée.

## Informations sur les données

### • Données principales :

- [1] Les données de production des pavés en béton ont été collectées par questionnaires et visites de trois sites représentatifs de la production française. Elles ont été moyennées et pondérées pour ces productions.

Les données ont été collectées et traitées par le CERIB en 2005-2006.

### Représentativité des données de production des pavés en béton

- **Année** : 2003-2005.
- **Zone géographique** : France.
- **Représentativité** :

La production des sites ayant fait l'objet d'une collecte de données approfondie représente environ 15 % de la production annuelle de pavés certifiés en France en 2005.

La représentativité des sites ayant fait l'objet d'une collecte directe est à considérer au regard de la très large représentativité technologique des process mis en œuvre.

### Technologie

Le processus de production des usines étudiées dans le cadre de cette fiche correspond au processus rencontré dans la très grande majorité des usines françaises et européennes. Il comprend, après une préparation du béton dans une centrale à béton, un formage à l'aide d'une machine vibrante (de type européenne) à démoulage immédiat sur des planches, un durcissement par auto-étuvage dans des cellules partiellement isolées et une palettisation sur palette en bois. Les matières premières et les dosages utilisés sont représentatifs de ceux de la plupart des usines françaises pour les pavés bi-couche.

### • Autres données :

- [2] **Production du ciment CEM I 52,5** : Données moyennes pour un ciment du type CEM I 52,5 de production française (source : Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques (ATILH)/Écobilan 2002).
- [3] **Production des granulats** : Données provenant de 32 sites, Union Nationale des Producteurs de Granulats (UNPG). Étude Écobilan de 1995 actualisées en 2000 par l'UNPG (pour les données relatives aux eaux de lavage et émissions de poussières). Ces données concernent la production de granulats d'origine alluvionnaire (44 %), ou de roches massives (56 % dont roches calcaires 26 %).
- [4] **Production d'adjuvants** : Données européennes de l'EFCA (Association européenne des producteurs d'adjuvants) pour les plastifiants et superplastifiants – juin 2002.
- [5] **Production de fillers calcaires** (sable calcaire extrafin) : Extraction de calcaire en carrière : Swiss Federal Office of Environment, Forests and Landscape (FOEFL or BUWAL), Environmental Series No. 132, Bern, February 1991. Émissions de poussières modifiées d'après les données fournies par l'UNPG en 2000 pour les carrières de matériau calcaire et éruptif.

- [6] **Production d'huiles** : Données d'un site de production, 1996.
- [7] **Production de palettes en bois** : Étude Écobilan (sites français, 1994-1995). Données représentatives de la production d'une palette Europe.
- [8] **Production d'électricité en France** : a) combustion du charbon, lignite, du fuel lourd, du gaz naturel : Laboratorium für Energiesysteme ETH, Zurich, 1996 et b) Energy statistics of OECD countries 1999-2000 ; International energy agency, Paris, 2002.
- [9] **Production et combustion de gasoil par les engins** : Laboratorium fur Energiesysteme ETH, Zurich, 1996.
- [10] **Extraction et combustion de fuel léger** : Laboratorium fur Energiesysteme ETH, Zurich, 1996.
- [11] **Production et combustion de propane** : Laboratorium fur Energiesysteme ETH, Zurich, 1996.
- [12] **Production et combustion de gaz naturel** : Laboratorium fur Energiesysteme ETH, Zurich, 1996, Teil 1, Erdgas, Pages 66-67.
- [13] **Production de Polyéthylène Haute Densité (PEHD)** : Ecoprofiles of the European plastics industry, Polyolefins p19-25, I. Boustead, APME, Brussels, July 2003
- [14] **Production d'acier secondaire** : Données européennes de production d'acier par voie électrique (IISI-1999-2000)
- [15] **Production pigments minéraux** : Les données de production d'acier secondaire (données européennes de production d'acier collectées en 1999-2000 dans le cadre du projet réalisé pour l'IISI) sont utilisées pour simuler la production d'oxyde de fer (pigment minéral rouge).
- [16] **Transport par route** : Laboratorium fur Energiesysteme ETH, Zurich, 1996.
- [17] **Incinération de bois** : "Émissions de gaz à effet de serre des parcelles agricoles et des brûlis", p. 14, R. Delmas, C. Jambert - CNRS/Université Paul Sabatier, Toulouse, 1994.
- [18] **Mise en œuvre** : Pose des pavés et réalisation des joints – Données CERIB, 2005.
- [19] **Dépose** : Utilisation d'une pelle mécanique - DIK LCA 1994/INTRON 98 – documentation technique 2002 LIEBHERR.
- [20] **Mise en décharge de classe 3** : Données de lixiviation issues d'analyses du CERIB (2002).

**Contact** : M. Nicolas Decousser

Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton  
 BP 30059 - 28231 ÉPERNON CEDEX - tel 02 37 18 48 00 - Fax 02 37 18 48 66 - e-mail : [envir@cerib.com](mailto:envir@cerib.com) - [www.cerib.com](http://www.cerib.com)

## Conventions sur les transports

En accord avec le fascicule de documentation FD P 01-015 « Qualité environnementale des produits de construction – Fascicule de données énergie et transport »

### Transport par route

La consommation de carburant pour le transport du produit est estimée à partir de la formule présentée ci-dessous. Elle fournit la quantité de gasoil nécessaire pour transporter une charge réelle donnée, dans un camion de 24 tonnes, et consommant 38 l de gasoil pour 100 km. Les hypothèses sont les suivantes :

Consommation de gasoil pour un camion plein	38 l pour 100 km,
Consommation de gasoil pour un camion vide	2/3*38 l pour 100 km,
Charge utile du camion	24 tonnes,
Retour à vide des camions	Voir note sur la livraison,
Consommation linéaire en fonction de la charge, pour les charges intermédiaires.	
Densité du carburant gasoil = 0,84	

La quantité de gasoil consommée pour transporter une quantité Q d'un constituant est alors :

$$38/100 * km * (1/3*Cr/24 + 2/3+0.3*2/3) * N \text{ et } N = Q/Cr$$

où

km : est la distance de transport du constituant en kilomètre ;

Cr : est la charge réelle dans le camion, comprenant la masse des emballages et des palettes ;

Q : est la quantité de produit transporté (produit + emballages éventuels) ;

N : est le nombre de camions nécessaires pour transporter cette quantité.

Cette formule est également utilisée pour le transport des matières premières (parfois ajustées pour des camions de type différent).

### Transports par rail, mer ou fleuve

Pour les autres transports, le tableau ci-dessous propose des valeurs de consommation de carburant et d'électricité par tonne.km transportée.

#### Consommations d'énergie pour les transports ferroviaires, maritime et fluvial

	Consommation	Source
Transport ferroviaire	France : 10 % de diesel et 90 % d'électricité Europe : 20 % de diesel et 80 % d'électricité Diesel : 0.0056 litre/tonne.km Électricité : 0,022 kWh/tonne.km	SNCF ETH ETH ETH
Transport maritime	Fuel lourd : 0,0026 kg/tonne.km <i>Hypothèses :</i> capacité du tanker > 80 000 tonnes puissance : 0,11 kW/tonne fuel lourd : 0,35 kg/kWh vitesse : 15 km/h	ETH
Transport fluvial	Diesel : 0.0057 litre/tonne.km	ETH
Densité du carburant diesel = 0,84		

## Conventions sur les consommations énergétiques

En accord avec le fascicule de documentation FD P 01-015 « Qualité environnementale des produits de construction – Fascicule de données énergie et transport »

### Pouvoir Calorifiques inférieurs

	Unité (t)	PCI (MJ)	PCI (th)	Source
Charbon	1	28 900	6 905	ETHZ 96
Lignite	1	19 500	4 659	ETHZ 96
Coke de charbon	1	28 000	6 690	DGEMP
Fuel lourd	1	40 000	9 557	ETHZ 96
Fuel léger	1	44 000	10 512	ETHZ 96
Diesel	1	42 000	10 035	DGEMP
Coke de pétrole	1	32 000	7 645	DGEMP
Gaz naturel	1	45 500	10 871	ETHZ 96

Note : Le PCI du bois varie en fonction de son humidité de 10 000 à 18 000 MJ/t.

### Composition de l'électricité

	France (2002) %	Union Européenne (2002) %
Charbon	4,48	30,75
Fuel lourd	0,81	5,87
Énergies hydrauliques, éolienne et maréomotrice	12,54	14,23
Nucléaire	77,98	31,80
Gaz	4,10	17,35

Sources : Energy statistics of OECD countries 2002-2003, International Energy Agency pour l'Union Européenne.

Les données relatives à la mise à disposition des combustibles et à la production de différentes sources d'énergie proviennent d'ETH Zurich (Laboratorium für Energiesysteme).







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

**CERIB**

Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton

BP 30059 – Éperon Cedex – France • Tél. 02 37 18 48 00 – Fax 02 37 83 67 39 • E-mail [cerib@cerib.com](mailto:cerib@cerib.com) – [www.cerib.com](http://www.cerib.com)