

CYCLE DE VIE DE PRODUITS EN PIERRE NATURELLE

Isabelle MOULIN, Thierry RAJNAK, Gilles MARTINET

Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux (LERM)

1 UTILISATION DE LA PIERRE DANS LA CONSTRUCTION

Depuis la fin du siècle dernier, la filière pierre s'est considérablement transformée en s'adaptant aux exigences et aux modes de construction des bâtiments contemporains (Figures 1 et 2). Ces avancées technologiques ont également permis une diminution des coûts de production. Dans cette évolution, la normalisation du matériau a été décisive, la norme NF B10-601, norme performantielle, permet de spécifier les critères d'emploi déterminés par la fonction de la pierre dans l'ouvrage, et par la localisation géographique de l'ouvrage lui-même (altitude, périodicité et ampleur des cycles de gel/dégel).



Figure 1 : Carrière de pierre calcaire – Oppède, Lubéron (source LERM)



Figure 2 : Colonnes de pierre précontrainte- Gare Saint Charles, Marseille (source Pierre Actual)

Aujourd'hui, la pierre offre une ressource variée et abondante qui grâce aux évolutions technologiques, se décline dans de nombreuses applications :

- Bâtiment : revêtements de sols intérieurs et extérieurs, escaliers intérieurs et extérieurs, murs et revêtement de murs extérieurs et intérieurs, massifs et minces (maçonnés, collés, ou attachés), murets extérieurs, éléments de couverture (ardoise)
- Voirie : pavés, dalles, bordures, mobiliers urbains, éléments décoratifs (fontaines, etc.)
- Décoration : cheminées, mobilier d'intérieur et d'extérieur, éléments de décoration du jardin...
- Restauration : ouvrages d'arts, patrimoine classé (châteaux, églises,...) et non classé (immeubles, bâtiments divers...)
- Funéraire : monuments, articles funéraires...

La pierre est avant tout un matériau naturel et son utilisation, notamment en éléments massifs, s'inscrit généralement dans une démarche de développement durable. Depuis quelques années, les concepteurs sensibles aux qualités environnementales, économiques et esthétiques de la pierre, se mettent à construire autrement, faisant de la pierre massive et de ses techniques une alternative à la construction courante. De nombreux projets voient donc le jour, tant pour l'habitat individuel que collectif.

2 CONTEXTE ET DÉMARCHE ANALYSE DE CYCLE DE VIE

Afin de doter la profession d'outils et de données permettant la poursuite du développement naturel de la filière pierre sur le marché de la construction durable, une association professionnelle, Pierres du Sud, et le Centre Technique des Matériaux Naturels de la Construction (CTMNC) ont entrepris une démarche d'analyse de cycle de vie de certains produits en pierre naturelle. L'objectif principal était de fournir à la profession les premières fiches de déclarations environnementales et sanitaires (FDES) de produits en pierre naturelle à destination des prescripteurs, architectes et maîtres d'ouvrage. Grâce aux analyses de cycle de vie réalisées, la profession possède également les données permettant d'atteindre d'autres objectifs comme par exemple l'amélioration des performances environnementales des produits et l'optimisation des procédés de production...

Ce projet a permis la réalisation de 4 FDES collectives en s'appuyant sur différentes carrières et types de pierre (calcaires, grès, granite...) pour les domaines d'utilisation suivants :

- Pavé de voirie en pierre naturelle,
- Mur massif en pierre naturelle (40cm),
- Revêtement mince attaché en pierre naturelle,
- Mur double autoporteur en pierre naturelle.

L'étude a été réalisée selon la méthode de travail des normes ISO 14040 et 14044. Les FDES respectent la norme NF P 01-010 et sont présentées selon le format de communication de l'AIMCC. Ces fiches seront très prochainement en ligne sur la base INIES.

Ce travail a été soutenu en partie par la DRIRE, l'ADEME et la Région Languedoc-Roussillon.

3 MÉTHODOLOGIE

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est un outil d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux d'un produit, d'un service ou d'un procédé. Elle permet d'inventorier les flux de matières et d'énergies entrants et sortants à chaque étape du cycle de vie depuis l'extraction des matières premières qui composent le produit jusqu'à son élimination en fin de vie en passant par les phases de transport et d'utilisation.

Selon la définition des normes ISO 14 040 et ISO 14 044, l'analyse du cycle de vie comporte les étapes suivantes (Figure 3) :

- la définition des objectifs (application prévue, raisons et destinataires de l'étude) et du domaine d'application (le système de produits à étudier, ses fonctions, l'unité fonctionnelle),
- l'inventaire du cycle de vie (recueil des données et modes opératoires de calcul pour quantifier les flux entrants et sortants pertinents),
- l'évaluation de l'impact du cycle de vie (transformation de l'inventaire de flux en une série d'impacts clairement identifiables),
- l'interprétation (l'identification des points forts et des points faibles du cas étudié, formulation d'une réponse au regard des objectifs définis lors de la première phase).

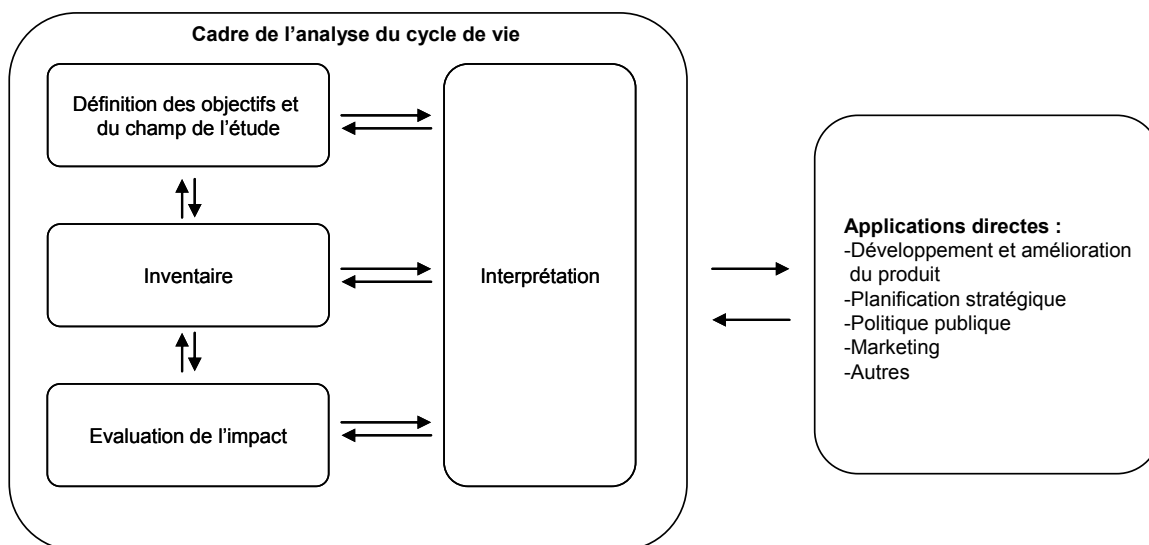


Figure 3 : Phases d'une ACV (selon la norme ISO 14 040)

Au niveau national, la norme NF P 01-010 applique les normes de la série ISO au cas des produits de construction et fixe les règles précises pour la réalisation d'ACV et la présentation des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire.

Cette norme établit les bases communes pour la délivrance d'une information objective, qualitative et quantitative sur les matériaux, information destinée aux concepteurs qui, au-delà de l'aptitude d'usage des matériaux, souhaitent prendre en compte des critères environnementaux et sanitaires.

Il s'agit donc d'un référentiel consensuel, élaboré au sein de l'AFNOR, qui définit les informations qui sont pertinentes sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits, qui formule les exigences sur l'origine des données et précise le cadre de leur présentation.

Dans sa partie 6, la norme propose une liste des impacts pertinents pour évaluer la contribution des produits à la qualité environnementale des ouvrages. Elle rappelle que cette liste est consensuelle et que doivent y être rapportés les flux qui constituent les résultats de l'inventaire du cycle de vie.

La déclaration environnementale et sanitaire du matériau s'effectue par le moyen des fiches de caractéristiques environnementales et sanitaires (FDES) établies volontairement par les producteurs.

4 EXEMPLE DE LA PIERRE MASSIVE

4.1 Définition du champ de l'étude et des frontières du système

4.1.1 Description du produit étudié et de l'unité fonctionnelle

Le produit étudié ici est une pierre massive calcaire de dimension 2,1 m x 0,9 m x 40 cm.

L'unité fonctionnelle est définie comme suit : assurer la fonction de mur porteur sur 1m² de paroi et 40 cm d'épaisseur, pendant une annuité. Un tel mur assure également une certaine isolation thermique et acoustique.

Ce flux de référence pour l'analyse du cycle de vie du produit correspond à 720 kg de pierre massive (masse volumique de 1800 kg/m³).

Dans cet exemple, la Durée de Vie Typique (DVT) est de 100 ans, on notera que cette donnée est indépendante de la durée de vie réelle de l'ouvrage et que l'expérience montre que la durée de vie d'un bâtiment en pierre peut être bien supérieure à 100 ans.

Le produit est transporté sur palette de type européenne, ce qui représente une consommation de 14,55 kg de palette bois par unité fonctionnelle.

L'application prise en compte est la construction d'un mur en pierres massives calcaires qui nécessite un joint de pose de 8 mm entre les pierres. Le joint est choisi en mortier bâtard conforme au DTU 20.1 (200kg de ciment et 150kg de sable pour 1 m³ de sable).

4.1.2 Délimitation des frontières du système

Pour délimiter précisément les systèmes, c'est-à-dire pour décider si la production ou le devenir d'un réactif ou d'un produit doit être pris en compte, la norme NF EN ISO 14044 définit une règle de coupure qui autorise des simplifications dans l'inventaire du cycle de vie et propose des critères d'exclusion des flux entrants ou sortants.

La norme NF P 01-010 fixe ce seuil de coupure à 98%, ce qui signifie que 98% des produits consommés par la production du produit doivent être pris en compte. On notera que la règle de coupure ne s'applique pas dans le cas des substances dangereuses (arrêté du 20 avril 1994).

Pour cette étude du cycle de vie d'un mur massif en pierre naturelle, le pourcentage des flux remontés est supérieur à 99,9%.

4.2 Modélisation du cycle de vie

Afin de fournir des données relatives au cycle de vie d'une pierre massive, des informations ont été collectées de puis l'extraction jusqu'à la fin de vie d'un mur en pierre.

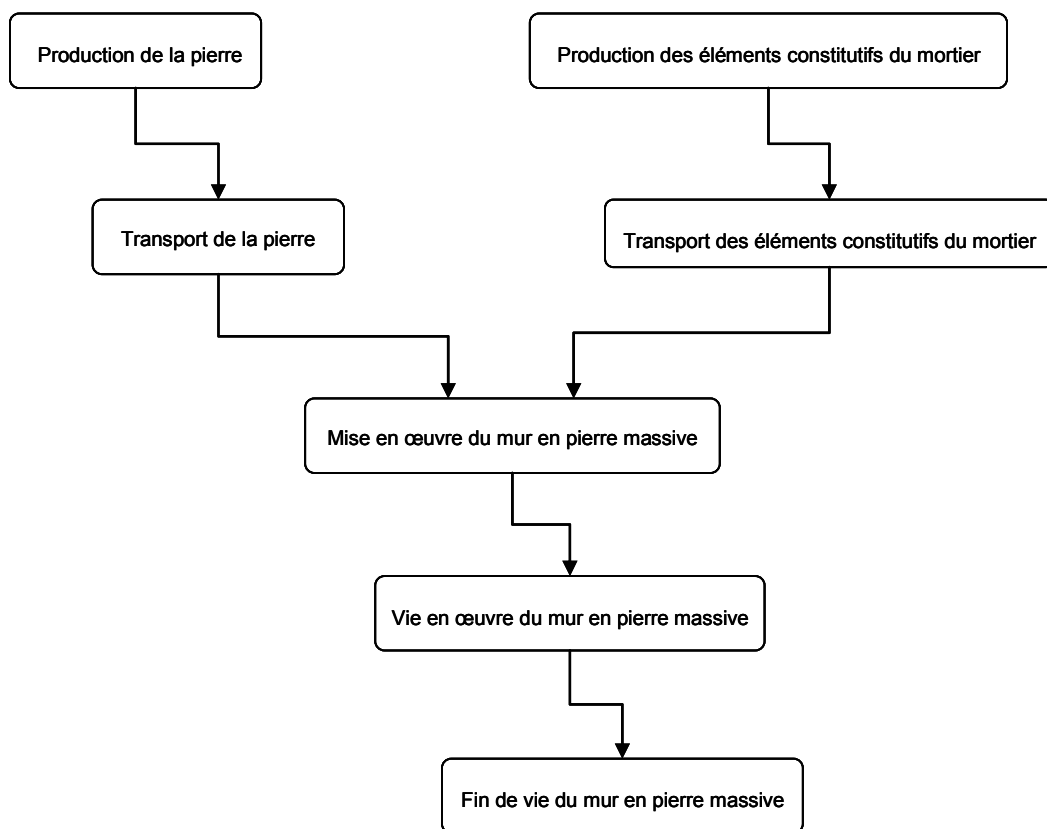


Figure 4 : Modélisation sous TEAM™ du cycle de vie de la pierre massive

Le cycle de vie d'une pierre massive a en suite été modélisé sous TEAM™ (logiciel Ecobilan) et utilisé pour générer l'Inventaire du Cycle de Vie (ICV) du produit étudié. Toutes les étapes du cycle de vie ont été prises en compte dans cette analyse, leur modélisation comporte 5 systèmes présentés en Figure 4 et décrits dans les paragraphes suivants.

4.2.1 Production

Cette étape se compose de la production de la pierre massive et de la production des éléments nécessaires à la fabrication du mortier pour la mise en œuvre (ciment, sable et chaux).

- La production de la pierre massive est décomposée en 4 sous-étapes :
- l'extraction et la transformation de la pierre massive en usine,
- la production de consommables nécessaires à l'extraction et les différentes étapes de transformation en usine (sciage,...),
- le transport des consommables de leur site de production jusqu'à la carrière et l'usine de transformation,
- la production d'électricité consommée par le site de production (carrière + usine de transformation).

4.2.2 Transport

Cette étape modélise le transport de la pierre massive depuis le site de fabrication vers le chantier de mise en œuvre et celui des éléments constitutifs du mortier depuis leur lieu de production jusqu'au chantier de mise en œuvre. La modélisation du transport a été effectuée conformément à la norme NF P 01-010 et les données relatives aux modules de transport sont issues du fascicule de document AFNOR FD P 01-015.

4.2.3 Mise en œuvre

Le produit est utilisé pour la construction d'un mur porteur. La modélisation de cette étape comprend la mise en œuvre proprement dite et la fabrication du mortier de joint sur site (consommation d'eau et d'électricité). La fin de vie des palettes en bois nécessaires au transport des pierres est également comptabilisée dans cette étape. Conformément à la réglementation française sur la gestion des déchets d'emballage sur chantier, les palettes sont revalorisées.

4.2.4 Vie en œuvre

Les murs en pierre massive ne nécessitent pas a priori d'entretien particulier. Néanmoins, il a été introduit une opération de nettoyage tous les 100 ans pour 50% des façades concernées. Les consommations d'eau, d'abrasif et de carburant sont comptabilisées à ce niveau.

4.2.5 Fin de vie

La pierre massive en fin de vie ne génère a priori que des matériaux valorisables. Afin de prendre en compte les difficultés éventuelles de mise en œuvre du recyclage, une partie de la masse produite (5%) a été modélisée comme déchet inerte à destination d'un centre de stockage.

La modélisation de la fin de vie comprend également le transport des déchets et matières valorisables depuis leur lieu de vie jusqu'au centre de stockage ou leur lieu de réutilisation.

4.3 Données d'inventaire de cycle de vie

L'inventaire de cycle de vie quantifie la consommation des matières premières renouvelables ou non, les émissions polluantes dans l'air, l'eau et le sol et la production des déchets. Il inclue le recueil des données et les modes opératoires de calcul permettant de quantifier les flux entrants et les flux sortants. Les données doivent être recueillies pour chaque processus élémentaire du système.

4.3.1 Consommation des ressources naturelles

- Consommation des ressources naturelles énergétiques

Les principales ressources énergétiques consommées sont le bois (64%) lié principalement aux palettes de bois utilisées pour le transport, le pétrole (29%) associé principalement à l'étape de production (52%) et en particulier à la consommation en carburant des engins puis à l'étape de transport (40%). Les autres ressources énergétiques consommées sont le charbon (5%) et le gaz naturel (2%).

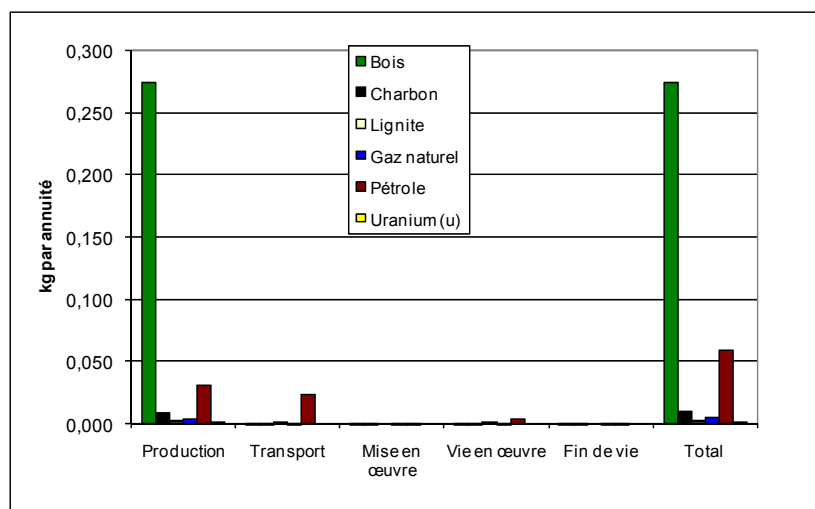


Figure 5 : Consommation des ressources naturelles énergétiques

- Consommation des ressources naturelles non énergétiques

La principale ressource non énergétique consommée est le calcaire correspondant à l'extraction de la pierre.

- Consommation d'eau

98% de la consommation sur l'ensemble du cycle de vie est imputable à l'étape de production et en grande majorité à la consommation directe du site lors du sciage (95%) et dans une moindre mesure par la production d'électricité consommée par le site de production (5%).

- Consommation d'énergie ou de matière récupérée

La valorisation des matières récupérées durant le cycle de vie du produit s'effectue principalement lors de l'étape de production et à rattacher à la production des consommables (pièces en acier).

4.3.2 Emissions dans l'air, l'eau et le sol

- Emissions dans l'air

Les émissions dans l'air sont très majoritairement produites par l'étape de production (émissions des engins sur site) et l'étape de transport (transport routier en 24t).

Si on focalise sur les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), la majeure partie est émise lors de la production (57%), puis lors du transport (37%). Les autres émissions proviennent de l'étape de vie en œuvre (groupe électrogène servant au nettoyage). Pour l'étape de production, ces émissions se répartissent en 67% pour le site lui-même (combustion du diesel des engins), 19% pour la production de l'électricité consommée par le site, 7% pour la production des palettes utilisées pour le transport, 4 % pour la production des autres consommables et enfin 2% pour le transport de ces consommables (y compris palettes).

- Emissions dans l'eau

D'une manière générale, les rejets dans l'eau sont très faibles. L'eau nécessaire à la production est utilisée en circuit fermé avec une étape de traitement. La production de la pierre n'engendre que très peu de rejets qui lui soient directement imputables. Les émissions dans l'eau comptabilisées sont essentiellement des rejets indirects comme par exemple des rejets induits par la production du diesel consommé par les engins.

- Emissions dans les sols

La production de pierre n'engendre pas d'émission dans le sol qui lui soit directement imputable. Les émissions comptabilisées sont des rejets indirects provenant d'étapes en amont et en aval comme la production d'électricité, le raffinage de carburant...

4.3.3 Production de déchets

La quantité de déchets émise sur tout le cycle de vie est relativement faible. Hormis l'étape de fin de vie (pour laquelle, 95% du mur en pierre massive est valorisé et 5% part en centre de stockage pour déchets inertes), la principale étape génératrice de déchets éliminés est l'étape de production (déchets non dangereux issus de la production d'électricité et des palettes en bois).

4.4 Evaluation des impacts environnementaux

L'objet de cette partie est de détailler les indicateurs et impacts environnementaux et de présenter les résultats obtenus pour la pierre massive en donnant des ordres de grandeurs.

4.4.1 Présentation des indicateurs et impacts environnementaux

Les indicateurs et impacts environnementaux calculés sont ceux sélectionnés par la norme NF P 01-010 pour évaluer de manière pertinente la contribution des produits de construction à la qualité environnementale des ouvrages.

Les indicateurs sont directement issus de l'inventaire de cycle de vie (4.3) : consommation d'eau et d'énergie, déchets. Les impacts environnementaux sont calculés par des méthodes développées par des organismes internationaux reconnus. La norme NF P 01-010 utilise la méthode des équivalences qui consiste à convertir les flux des substances susceptibles de contribuer à ces impacts (par exemple le changement climatique) en un flux d'une substance de référence propre à chaque catégorie d'impact.

- Les indicateurs énergétiques

Les indicateurs énergétiques permettent de connaître et de caractériser la quantité d'énergie consommée, son caractère renouvelable ou non ainsi que son devenir dans le cycle de vie du système. Ils sont aux nombres de 6.

L'énergie primaire totale représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles. Elle est divisée d'une part en énergie non renouvelable (pétrole, gaz naturel, charbon,

minéral d'uranium) et énergie renouvelable (biomasse, énergie hydraulique, soleil, vent géothermie) et d'autre part en énergie procédé et énergie matière.

L'énergie procédé correspond à l'énergie utilisée dans les procédés de fabrication, de fonctionnement et de transport du produit sur l'ensemble de son cycle de vie. L'énergie matière est l'énergie contenue dans le produit qui peut se dégager par combustion (Pouvoir Calorifique Inférieur).

Energie primaire totale = Energie renouvelable + énergie non renouvelable
= Energie procédé + Energie matière

- Epuisement des ressources naturelles

Il existe plusieurs indicateurs créés pour évaluer l'épuisement des ressources naturelles à partir des consommations de ressources comptabilisées dans l'inventaire du cycle de vie. L'indicateur utilisé dans ce projet et imposé par la norme NF P01-010 est l'« Abiotic Depletion Potential » développé par l'université de Leiden en 2001. A partir de nombreux paramètres comme l'évaluation des stocks, leur coût d'exploitation, la rapidité de consommation de la ressource au niveau mondial, un coefficient ADP est calculé pour chaque ressource naturelle (énergétique ou non) traduisant la rareté de la ressource. Une ressource dont le coefficient ADP est supérieure à celui du charbon (donc plus rare) est considérée comme non renouvelable inversement, une ressource dont le coefficient ADP est inférieure à celui du charbon (donc moins rare) est comptabilisée comme renouvelable. L'élément Antimoine (Sb) a été choisi comme référence et chaque ressource, exprimée en kg, est convertie en kg équivalent antimoine ; la somme est l'indicateur d'épuisement des ressources naturelles.

- Consommation d'eau

L'indicateur consommation d'eau est la somme de toutes les ressources en eau comptabilisée dans l'inventaire du cycle de vie.

- Déchets solides

Cet indicateur est décomposé en différentes catégories : les déchets valorisés et les déchets éliminés en précisant le type de destination (centre de stockage pour déchets inertes, non dangereux, dangereux ou radioactifs).

- Changement climatique

L'impact sur le changement climatique est évalué à partir des émissions dans l'air des gaz suivant : CO₂, CH₄, et N₂O. Les gaz fluorés sont intégrés si leur contribution est jugée non négligeable. Il est exprimé en kg équivalent CO₂.

- Acidification atmosphérique

L'impact sur l'acidification atmosphérique est évalué à partir des émissions dans l'air de cinq gaz acides (oxydes d'azote, ammoniacque, oxydes de soufre, acide chlorhydrique, acide fluorhydrique et acide phosphorique). Il est exprimé en kg équivalent SO₂.

- Pollution de l'air

L'impact sur la pollution de l'air est évalué à partir des émissions dans l'air des substances visées par l'arrêté du 2 février 1998 modifié relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau, ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. L'évaluation est réalisée à partir de la méthode du volume critique qui consiste à calculer le volume fictif d'air par lequel il faudrait diluer les émissions émises de chaque substance pour qu'elles soient conformes aux seuils de l'arrêté. L'unité de l'impact est le mètre cube d'air.

- Pollution de l'eau

L'impact sur la pollution de l'eau est évalué sur le même principe que celui de la pollution de l'air. Sont prises en compte les substances émises dans les eaux et dans les sols (qui par hypothèse sont considérées comme entraînées dans les eaux à un moment ou à un autre). L'unité d'impact est le mètre cube d'eau.

- Destruction de la couche d'ozone stratosphérique

Cet impact est dû essentiellement à deux familles de composés chloro-fluorés organiques (CFC et HCFC). Il est calculé à partir des émissions de ces substances et exprimés en kg équivalent CFC-11.

- Formation d'ozone photochimique

L'indicateur de formation d'ozone photochimique permet d'évaluer la formation d'ozone dans la basse atmosphère due à l'action de l'énergie solaire (UV) sur l'oxygène de l'air favorisée par la présence d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote. Il est exprimé en gramme équivalent éthylène.

4.4.2 Indicateurs et impacts environnementaux : résultats de l'analyse du cycle de vie du mur massif en pierre naturelle

La présentation des résultats se fait par l'intermédiaire d'un tableau synthétique affichant les indicateurs directement issus de l'inventaire et les impacts environnementaux sélectionnés. Le Tableau 1 présente les résultats obtenus pour le cycle de vie d'un mur massif en pierre naturelle.

N° Impact environnemental	Valeur de l'indicateur pour l'unité fonctionnelle	Valeur de l'indicateur pour toute la DVT
1 Consommation de ressources énergétiques		
Energie primaire totale	6.60 MJ/UF	660 MJ
Energie renouvelable	1.58 MJ/UF	158 MJ
Energie non renouvelable	5.02 MJ/UF	502 MJ
2 Epuisement de ressources (ADP)	0.00140 kg éq. antimoine (Sb)/UF	0.140 kg éq. antimoine (Sb)
3 Consommation d'eau totale	10.4 litre/UF	1 038 litre
4 Déchets solides		
Déchets valorisés (total)	6.69 kg/UF	669 kg
Déchets éliminés :		
Déchets dangereux	0.000478 kg/UF	0.0478 kg
Déchets non dangereux	0.120 kg/UF	12.0 kg
Déchets inertes	0.355 kg/UF	35.5 kg
Déchets radioactifs	6.43 E-05 kg/UF	0.00643 kg
5 Changement climatique	0.227 kg éq. CO ₂ /UF	22.7 kg éq. CO ₂
6 Acidification atmosphérique	0.00193 kg éq. SO ₂ /UF	0.193 kg éq. SO ₂
7 Pollution de l'air	78.2 m ³ /UF	7 820 m ³
8 Pollution de l'eau	0.0728 m ³ /UF	7.28 m ³
9 Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	0 kg CFC éq. R11/UF	0 kg CFC éq. R11
10 Formation d'ozone photochimique	0.000301 kg éq. éthylène/UF	0.0301 kg éq. éthylène

Tableau 1 : Indicateurs et impacts environnementaux du cycle de vie du mur massif en pierre naturelle

La maison Mozart, bâtiment-type (typologie définie par le CSTB), est une maison individuelle théorique d'une surface habitable de 100 m² et d'une surface de murs égale à 87 m². Elle sert de référence dans de nombreux calculs. Si on considère que les murs de la maison Mozart sont en pierres massives naturelles, on peut calculer les différents indicateurs ou impacts environnementaux que ces murs vont générer. Ainsi, l'énergie primaire utilisée par les murs de la maison Mozart en pierres massives est de 57 420 MJ pour une durée de vie typique de 100 ans et de 574,2 MJ par annuité. Pour avoir des ordres de grandeur, on peut rapprocher ces valeurs avec des consommations de ressources ou des impacts environnementaux dus à des actes quotidiens, comme l'utilisation d'une voiture, la consommation en énergie d'un logement, la consommation d'eau par personne et par jour....

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont débouché, pour les produits concernés, sur la publication de fiches de déclaration environnementales et sanitaires.

Il est à noter que les analyses de cycle de vie conduites dans ce projet apportent également à la profession des données dont l'exploitation permet de remplir d'autres objectifs :

- pistes d'amélioration des performances environnementales des produits,
- optimisations des procédés de production,
- communication de l'entreprise sur ses produits et ses modes de production.

D'une manière plus générale, l'ACV permet d'intégrer dès la conception les préoccupations environnementales actuelles (optimisation des consommations de ressources, d'énergie, de rejets polluants, de déchets). Elle participe donc de plus en plus aux systèmes de management environnementaux.

6 RÉFÉRENCES

« Pierres de construction – Utilisation, études et diagnostics » - Editions Techniques de l'Ingénieur COR 404 – 12 p. (MARTINET, QUENEE) 2008

NF B 10-601 – « Produits de carrières - Pierres naturelles – prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles » AFNOR, juillet 2006

DTU 20-1 - « Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs » AFNOR, octobre 2008

NF EN ISO 14040 « Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre » AFNOR, octobre 2006

NF EN ISO 14044 « Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices » AFNOR, octobre 2006

NF P 01-010 « Qualité environnementale des produits de construction – Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction » AFNOR, décembre 2004

FD P 01-015 « Qualité environnementale des produits de construction - Fascicule de données énergie et transport » AFNOR, Février 2006

« Inertie thermique des logements et confort d'été – Etude de sensibilité réalisée par le CSTB » - Collection CIMBETON, document B.63

7 SITES UTILES

Commission Pierre Durabilité du Cefracor : www.pierre-durabilite.net

Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux : www.lerm.fr

Centre Technique des Matériaux de Construction Naturels : www.ctmnc.fr

Base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction : www.inies.fr

Association pour la haute qualité environnementale : www.assoHQE.org