

LA PIERRE NATURELLE : UN MATERIAU ECOLOGIQUE ?

Shahinaz Sayagh

Centre Techniques des Matériaux Naturels de Construction
s.sayagh@ctmnc.fr

Résumé. A l'heure des chantiers HQE et des labellisations environnementales qui émergent de toute part, le CTMNC a ouvert le débat sur l'évaluation environnementale des produits en pierre naturelle, notamment celle d'un mur massif maçonné en pierre de Noyant. Le CTMNC a cherché à déterminer les impacts environnementaux, comme les flux de matières et d'énergies, à chaque étape du cycle de vie du produit : à la production, au transport, à la mise en œuvre, à la vie en œuvre et à la fin de vie. Les résultats de cette étude sont présentés dans cet article.

Mots clés : Analyse de Cycle de Vie, Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire, maçonnerie, pierre

1. ANALYSE DE CYCLE DE VIE ET FICHE DE DECLARATION ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une évaluation des impacts sur l'environnement d'un système comprenant l'ensemble des activités associées à un produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des déchets. Cette définition a été proposée à l'occasion du premier atelier de travail sur les ACV, organisé par le SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) en 1993. Au sens de la norme ISO 14044 (2006), l'ACV est définie comme la compilation et l'évaluation des entrants et des sortants, ainsi que des impacts potentiels environnementaux d'un système de produits au cours de son cycle de vie. Il s'agit d'évaluer un système de procédés et de transports associés à un produit ou un service en identifiant et en quantifiant les flux entrants (énergie, masses de matériaux) et les flux sortants émis dans chacun des compartiments du milieu environnant (eau, air, sol), puis d'en évaluer les impacts environnementaux potentiels. En principe, toutes les phases du cycle de vie du produit ou du service sont prises en compte, depuis l'extraction et la fabrication des matières premières, jusqu'à la fin de vie (recyclage et/ou mise en décharge) en intégrant les étapes de transformation, transport, distribution, utilisation, maintenance...

La Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) porte sur un produit ou sur un système. Elle est réalisée, de façon volontaire, à l'initiative soit d'un fabricant pour un produit/système précis, soit d'un syndicat professionnel. Dans ce dernier cas, la FDES porte sur un produit/système générique indifférencié fabriqué par la totalité ou la majorité des membres du syndicat. La FDES est établie selon la

norme NF P 01 010 qui détaille la méthode d'obtention et le format de déclaration des informations environnementales et sanitaires. Elle est renseignée à partir d'une Analyse de Cycle de Vie du produit, complétée par des informations sanitaires résultant souvent d'essais spécifiques.

La FDES couvre cinq étapes du cycle de vie du produit : production, transport, mise en œuvre, vie en œuvre et fin de vie. Les deux premières étapes concernent le produit seulement. Dans les trois dernières, le produit est projeté dans un ouvrage. Pour l'élément de maçonnerie en pierre de Noyant, par exemple, l'impact environnemental de sa vie en œuvre se calcule à l'échelle du cadre bâti : il dépend de la surface mise en œuvre et de sa fréquence d'entretien pendant toute la durée de vie de l'ouvrage. La dernière étape – fin de vie – est plus ou moins bien renseignée en fonction des techniques actuelles de réutilisation des produits.

L'ensemble des FDES est rassemblé dans la base de données dénommée INIES, librement accessible en ligne à l'adresse internet www.inies.fr. Celle-ci comporte environ près de 1000 références commerciales. Le but des FDES est de fournir aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage un outil indispensable pour la conception d'ouvrages respectueux de l'environnement, en leur permettant de choisir les matériaux en fonction de la quantité d'énergie qui a été dépensée lors de leur production et les composants qu'ils contiennent. Ces critères viennent compléter les critères habituels des concepteurs tels que la performance et le coût.

Le CTMNC a entrepris une démarche de déclaration environnementale et sanitaire de produits en pierre naturelle dont celle de la pierre de Noyant. L'objectif est de fournir à la profession les premières Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire à destination des prescripteurs, architectes et maîtres d'ouvrage.

Nous nous sommes intéressés à quantifier les impacts totaux d'un système environnemental (figure 1), mais aussi à la répartition des impacts dans chaque sous système. Cette discrimination permet de préciser la contribution des impacts environnementaux de chaque procédé.

2. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX PRIS EN COMPTE DANS UNE FDES

Certains impacts sont pertinents pour évaluer la contribution des produits de construction à la qualité environnementale des ouvrages. La norme NF P 01 010 propose une liste consensuelle de catégories d'impacts

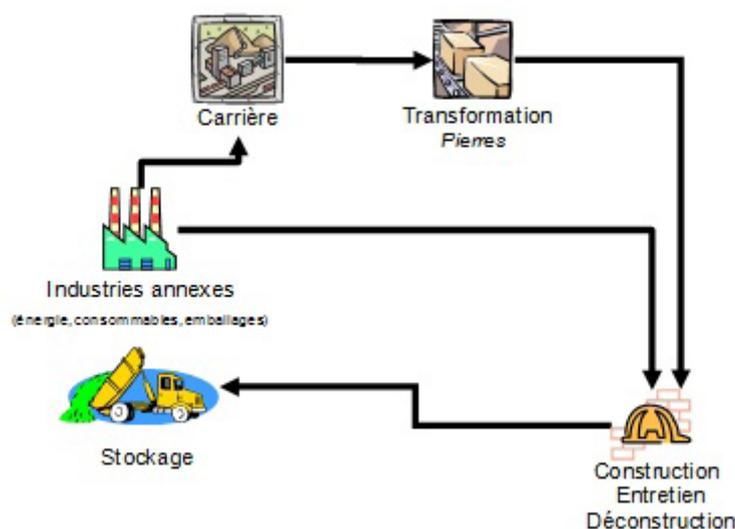


Figure 1. Système environnemental pris en compte

auxquelles sont rapportés les flux qui constituent les résultats de l'inventaire du cycle de vie.

Les phénomènes mis en jeu pour chaque catégorie d'impact sont rappelés ci-dessous, ainsi que les connaissances minimales relatives à chaque catégorie d'impact.

a. La consommation de ressources énergétiques représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles telles que charbon, pétrole, gaz naturel, uranium, biomasse, énergie hydraulique, énergie éolienne, énergie solaire et géothermie. L'énergie primaire totale est divisée en énergie non renouvelable et en énergie renouvelable. L'unité standard utilisée en mesure énergétique pour évaluer cet impact est le mégajoule (MJ).

b. L'épuisement des ressources naturelles cet impact traduit l'épuisement des matières premières présentes dans la nature et nécessaires aux activités humaines, qu'elles soient non renouvelable (pétrole), ou dont il faut prendre en compte le taux de renouvellement, pour en éviter l'épuisement (bois). On utilise l'indicateur ADP (*Abiotic Depletion Potential*) développé par l'université de Leiden, aux Pays-bas, qui ramène l'épuisement des ressources à une seule unité, par proportionnalité. Cette unité pondérée est le kilogramme équivalent antimoine (kg eq. Antimoine). Elle mesure la raréfaction des ressources exploitables par rapport à un métalloïde, l'antimoine, dont l'épuisement connu est référent.

c. La consommation d'eau évaluée en litres consommées, prend en compte les consommations d'eau sur l'ensemble du cycle de vie du produit et l'origine de son prélèvement (lac, mer, nappe phréatique, rivière)

d. La production de **déchets** qui se répartissent en deux catégories, suivant qu'ils sont ou non valorisés. Une différenciation est également faite sur leur dangerosité : on distingue 4 catégories principales de déchets, à savoir les déchets inertes, non dangereux, dangereux et radioactifs. Ils sont comptabilisés en kilogramme (kg).

e. **L'effet de serre ou le changement climatique** est provoqué par l'accumulation de certains gaz dans l'atmosphère qui absorbent une partie du rayonnement infrarouge réfléchi par la surface de la terre. Une partie de l'énergie solaire reste ainsi piégée dans les basses couches de l'atmosphère et provoque une augmentation de la température globale du globe.

Tous les gaz n'ont pas le même effet, un kilogramme de méthane (CH₄) contribue 21 fois plus à l'effet de serre qu'un kilogramme de CO₂, un kilogramme d'oxyde d'azote (NO_x) 150 fois plus et un kilogramme de protoxyde d'azote (N₂O) 310 fois plus.

f. **L'acidification atmosphérique** ce phénomène est dû à une augmentation de la quantité de substances à propriétés acides dans l'air (SO₂, NO_x, NH₃,...), qui, au contact de l'humidité atmosphérique, forment des pluies ou brouillards acides ayant des effets nocifs sur la faune et la flore. Les contributions des différentes substances sont ramenées par pondération de leur pouvoir acidifiant à l'unité de référence, le kilogramme équivalent SO₂.

g. **La pollution de l'air** cet impact comptabilise les émissions polluantes dans l'air liées aux impacts brouillard hivernal et à la toxicité de l'air. La pollution de l'air est notamment liée aux gaz issus d'hydrocarbures et aux composés gazeux fluorés. L'unité d'évaluation de cet impact est le m³ d'air pollué après pondération avec un coefficient multiplicateur différent en fonction de la toxicité de chaque gaz.

h. **La pollution de l'eau** la pollution de l'eau est prise en compte au travers de l'augmentation de la toxicité de l'eau et des phénomènes d'eutrophisation. Les substances participant à la pollution de l'eau sont notamment des composés métalliques et métalloïques dissous (arsenic, mercure, plomb, etc.), des composés fluorés, des matières en suspension et des hydrocarbures. La mesure de la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène (DBO) participent également au calcul de cet impact. L'unité pour mesurer cet impact est le m³ d'eau pollué.

i. **La Destruction de la Couche d'Ozone Stratosphérique** est due principalement à deux familles de composés chloro-fluorés organiques

: les CFC (chloro-fluoro-carbures) et les HCFC (hydrogéo-chloro-fluoro-carbures).

j. **La formation d'ozone photochimique** cet impact est lié à une série de réactions impliquant des espèces carbonées et l'action de rayons ultraviolets. Le principal effet de l'augmentation de ces photo-oxydants est la formation d'un brouillard en milieu urbain, renfermant des acides, des nitrates, des sulfates, des sels d'ammonium, des métaux, des composés carbonés oxydés et de l'eau. Sa dangerosité, du point de vue humain, n'est connue pour le moment qu'au travers des effets de l'ozone. Cette molécule accentue, en effet, les difficultés respiratoires des personnes fragiles (enfants, personnes âgées), et est reconnue pour augmenter le taux de mortalité des populations urbaines. Les données sont agrégées et pondérées par rapport à la molécule d'éthylène, l'unité par conséquent utilisée est le kilogramme équivalent éthylène (kg éq. éthylène).

3. NOTION D'UNITE FONCTIONNELLE ET DE DUREE DE VIE TYPIQUE

Le principe essentiel d'une ACV est d'analyser les bilans environnementaux de chaque étape du cycle de vie d'un produit et de s'assurer de la pertinence des recommandations énoncées.

L'Unité Fonctionnelle (UF) est la performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence. Elle permet d'exprimer les impacts environnementaux sur un élément représentatif et bien caractérisé d'une construction, pendant une durée de vie prédéterminée appelée aussi Durée de Vie Typique (DVT).

L'unité fonctionnelle considérée pour cette étude est d'assurer la fonction d'un mètre carré de revêtement pendant une annuité pour une durée de vie de 200 ans.

La pierre de Noyant est sciée et clivée aux dimensions 80 cm x 55 cm x 24 cm. L'évaluation de l'étape de production prend en compte : l'extraction des blocs, leur transport de la carrière au site de transformation, leur transformation en élément de maçonnerie, la production des consommables nécessaires à l'extraction, à la transformation et au conditionnement, le transport des consommables, ainsi que la production de l'énergie consommée par le site de production.

La pierre de Noyant est transportée sur chantier dans des camions de 24 tonnes sur une distance de 120 km par route. Pour la mise en œuvre, elle est jointoyée au plâtre conformément au DTU 20.1. Concernant la phase d'entretien, on considère 1 lavage tous les 100 ans. En fin de vie, la pierre extraite de l'ouvrage est



considérée comme valorisable à hauteur de 95%. La partie non valorisée (5% en masse) est destinée à un lieu de stockage de déchets inertes. L'étape de fin de vie intègre le transport de ces produits depuis leur lieu de vie en œuvre jusqu'à leur lieu de réutilisation et de stockage. La distance prise en compte est de 50km.

4. DESCRIPTION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résultats sont présentés de manière succincte. Dans la FDES (réf. inies), ils sont beaucoup plus détaillés en termes de flux et selon toutes les catégories d'impact. Nous nous limitons à 3 indicateurs d'impact dans ce qui suit.

La consommation d'énergie primaire est à 50% due à l'étape de production. Etant donné, que cette énergie est électrique, la contribution au réchauffement

climatique de l'étape de production se révèle moindre. En effet, le référentiel énergétique pris en compte est le mix énergétique français dont environ 75% provient du secteur nucléaire. Ainsi l'utilisation d'électricité d'origine nucléaire, faible émettrice de CO₂ par MJ produit, par rapport aux transports et à la mise en œuvre qui nécessitent de manière directe ou indirecte des hydrocarbures comme source d'énergie fortement émettrices lors de leur combustion.

L'étape de production couvre 41 % de consommation d'eau.

L'eau utilisée durant l'étape de mise en œuvre correspond à l'eau d'hydratation du mortier.

5. CONCLUSION

Grâce aux ACV, cette étude a permis de quantifier l'impact environnemental que pouvait générer la production et l'emploi de maçonnerie en pierre de Noyant. Pour se faire, des hypothèses objectives concernant toutes les étapes de cycle de vie des produits ont été prises en compte afin d'obtenir des données représentatives des pierres produites en France. La pierre naturelle provenant des carrières françaises et utilisée dans le cadre bâti est un matériau noble et traditionnel. Elle est de plus un matériau issu d'une filière sensible aux aspects environnementaux et ayant un impact écologique faible, compte tenu notamment de sa propension à être réemployée au fil du temps et à provenir de filières locales.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR, 2004. AFNOR NF P 01-010, Qualité environnementale des produits de construction, Paris, 2004.

AFNOR, 2006. AFNOR NF EN ISO 14040, Management environnemental – analyse du cycle de vie – Principes et cadres, Paris, 2006.

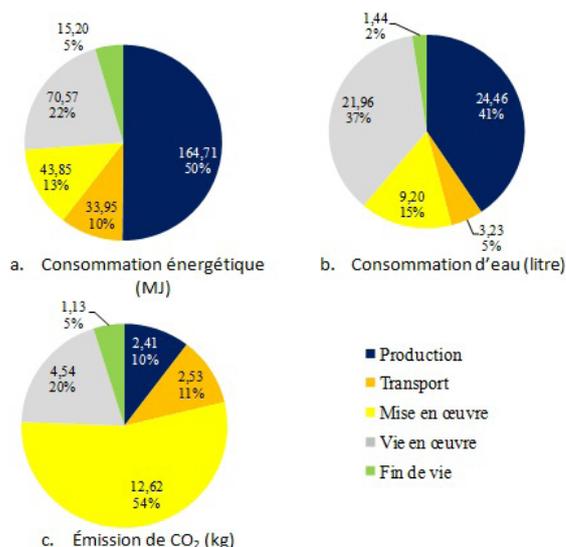


Figure 2. Répartition en pourcentage de la contribution de chaque étape de cycle de vie du mur massif en pierre de Noyant en consommation d'énergie, d'eau et d'émissions de CO₂.

Les résultats du mur massif en pierre de Noyant sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Indicateurs d'impacts environnementaux

Impact environnemental	Unité	Valeur de l'indicateur pour l'unité fonctionnelle	Valeur de l'indicateur pour toute la DVT
1			
Consommation de ressources énergétiques			
énergie primaire totale	MJ/UF	1,64E+00	3,28E+02
énergie renouvelable		3,49E-01	6,98E+01
énergie non renouvelable		1,29E+00	2,58E+02
2			
Epuisement de ressources (ADP)	kg éq. Antimoine (Sb)/UF	4,60E-04	9,20E-02
3			
Consommation d'eau potable	litre/UF	3,02E-01	6,03E+01
4			
Déchets solides			
déchets valorisés (total)		2,63E+00	5,26E+02
déchets éliminés			
déchets dangereux	kg/UF	3,45E-04	6,90E-02
déchets non dangereux		1,22E-03	2,44E-01
déchets inertes		1,90E-01	3,81E+01
déchets radioactifs		1,21E-05	2,42E-03
5			
Changement climatique	kg éq. CO2/UF	1,20E-01	2,40E+01
6			
Acidification atmosphérique	kg éq. SO2/UF	7,32E-04	1,46E-01
7			
Pollution de l'air	m3/UF	1,12E+01	2,23E+03
8			
Pollution de l'eau	m3/UF	1,73E-02	3,47E+00
9			
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg CFC éthylène R11/UF	0,00E+00	0,00E+00
10			
Formation d'ozone photochimique	kg éq. éthylène/UF	6,88E-05	1,38E-02

References

AFNOR, 2006. AFNOR NF EN ISO 14044, Management environnemental – analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices, Paris, 2006.

INIES, www.inies.fr, consulté mi-octobre 2011.