

IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UN MUR FAIT DE BLOCS RENFORCÉ PAR GÉOTEXTILE

ENVIRONMENTAL IMPACT OF A WALL MADE OF BLOCKS REINFORCED WITH GEOTEXTILE

Dominique ROSSI¹, Olivier WYSS¹, René-Michel FAURE², Michel FERRER³,

¹ BETOCONCEPT – STABCONCEPT, Nice, France

² ENTPE, Valx en Velin, France

³ PERASSO COLAS, Malijai, France

RÉSUMÉ – Cet article présente les impacts environnementaux des murs faits de blocs associés à des géotextiles de renforcement. Les études ont été faites suivant les normes environnementales en vigueur, notamment la norme XP P 01-010 et le guide des facteurs d'émissions version 5.0.

Mots-clés : bilan carbone, géotextiles, soutènement.

ABSTRACT – This paper presents the environmental impacts of retaining walls made of blocks associated with reinforcement geotextiles. The studies were made according to environmental standards including the standard XP P 01-010.

Keywords: carbon footprint, geotextiles, retaining structure.

1. Introduction

Les éléments faits de blocs associés à des géotextiles constituent des massifs en sol renforcés permettant de réaliser des murs de soutènement routiers, autoroutiers et ferroviaires. Les solutions géosynthétiques sont en plus réalisées en France et à l'étranger et peuvent présenter un intérêt sur les réductions d'émission de CO₂ (Auray et al.,.). Cet article s'inscrit dans une démarche de développement durable en comparant en termes d'émissions de CO₂, une solution de mur en sol renforcé à une solution traditionnelle en béton armé.

2. Production

L'analyse de cycle de vie (ACV) s'appuie sur la notion de développement durable en fournissant un moyen efficace et systématique pour évaluer les impacts environnementaux d'un produit, d'un service ou d'un procédé. Face aux enjeux du développement durable et pour apporter une information objective aux acteurs de la construction, une étude de faisabilité a été entreprise pour intégrer les caractéristiques environnementales et sanitaires dans les certifications des produits en béton. Cette démarche a été appliquée aux blocs en béton, produits qui font l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES), établie conformément à la norme XP P 01-010. Le principe d'établissement des Fiches Données Environnementales et Sanitaires repose sur un logiciel de calcul édité par le CERIB (Centre d'Etudes et de Recherche de l'Industrie du Béton). Le logiciel est expliqué dans un manuel à concevoir soi-même à l'aide de tableurs. Une fois les tableurs conçus, il suffit de rentrer les données de fabrication du produit dans la première feuille de calcul et on obtient les résultats du calcul des indicateurs environnementaux en même temps que la comparaison avec les valeurs limites. Dans notre cas, il a fallu adapter les valeurs limites des blocs par rapport à ceux établis par le CERIB pour des blocs béton creux ou pleins (Lokossou, 2010). Un exemple de collecte de données et de calculs des indicateurs environnementaux pour le cas d'un bloc de type Betoatlas est présenté dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. Collecte des données

	Production annuelle (usine) en tonnes :	64855
	Production annuelle du produit en tonnes :	369
Ciment:	Distance moyenne de livraison en km :	75
	Poids moyen par bloc en kg :	1,03
Granulats:	Distance moyenne de livraison en km :	40
	Poids moyen par bloc en kg :	15,24
	Poids moyen d'un bloc en kg :	17,9
	Consommation d'eau pour la production du béton + nettoyage en L/bloc :	0,71
	Pourcentage de l'eau qui est recyclée :	0,01
	Consommation d'électricité annuelle pour l'usine de bloc en kWh :	275302
	Consommation de fioul léger en L/an :	12800
	Consommation de diesel en L/an :	0
	Consommation de gaz en kg/an :	0
	Consommation d'adjuvants en L/an :	7500
	Consommation d'acier en tonnes/an :	3
	Consommation d'huiles propres en L/an :	0
	Nombre de palettes utilisées pour 100 blocs :	1,06
Quantités de déchets de béton:	Récoltée en %/an :	1
	Éliminée en décharge en tonnes/an :	0
	Recyclée en interne en tonnes/an :	0
	Réutilisée en remblais en interne en tonnes/an :	0
	Cédée à des entreprises de TP en tonnes/an :	650
	Quantité d'huile et de graisses usagées récoltée en L/an :	1200
	Quantité de déchets d'emballages divers récoltée en L/an :	1

Tableau 2. Indicateurs environnementaux et comparaison avec les valeurs limites

Calcul des indicateurs d'impacts pour l'usine (/m ² de mur de bloc pendant toute la durée de vie)				
Indicateurs environnementaux	Valeurs site de production	Valeur limite FDES (+ou -) 10%	Valeurs FDES	Unités
1- Energie primaire totale	191,16	191,7	174,27	MJ
2- Indicateur d'épuisement de ressources (ADP)	5,51E-02	6,33E-02	5,75E-02	kg éq. antimoine
3- Consommation de l'eau	79,91	91,2	82,9	litres
4- Déchets valorisés	1,82	0,56	0,62	kg
4- Déchets dangereux	0,0119	1,38E-02	1,25E-02	kg
4- Déchets non dangereux	0,171	0,96	0,87	kg
4- Déchets inertes	236,54	260,2	236,54	kg
4- Déchets radioactifs	1,40E-03	1,64E-03	1,49E-03	kg
5- Changement climatique	15,031	17,2	15,63	kg éq. CO ₂
6- Acidification atmosphérique	6,88E-02	7,88E-02	7,16E-02	kg éq. SO ₂
7- Pollution de l'air	1609,83	1870,7	1700,63	m ³
8- Pollution de l'eau	7,73	8,6	7,81	m ³
9- Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	2,87E-17	3,42E-17	3,11E-17	kg éq. CFC-11 éq
10- Formation d'ozone photochimique	6,38E-03	7,32E-03	6,65E-03	kg d'éthylène éq.

La mise en œuvre de blocs transportables manuellement (Figure 1) présente l'avantage de ne pas utiliser d'engin de pose ou de grutage (Rossi et al., 2006). Chaque élément est muni d'un système de crabotage avant et arrière bloquant les blocs supérieurs sur les rangées inférieures.



Figure 1. Mise en place manuelle des blocs sans apport de liant et du géotextile.

3. Comparaison du bilan Carbone d'un mur végétalisable avec un mur en béton armé.

Une des solutions les plus couramment utilisée en soutènement sont les murs préfabriqués ou coulés en place en béton armé. Toutefois, les solutions en remblais renforcés par géosynthétiques présentent des intérêts économiques, techniques et méritent que l'on mette en avant leur intérêt environnemental.

Nous avons réalisé en termes d'émissions de CO₂, un comparatif entre un chantier réalisé en sol renforcé et l'étude d'un mur traditionnel en béton armé. Pour cela nous nous sommes basés sur un ouvrage existant fait de blocs et renforcé par des géotextiles de renforcement, réalisé au niveau de l'autoroute A31, sens Nancy-Metz. Dans le cadre de ce chantier, la DDE de Meurthe et Moselle se trouvait face à deux problèmes :

- érosion du talus entre l'autoroute A31 et la route départementale RD30 ;
- BAU inexistante

Pour résoudre ces problèmes elle a choisi de réaliser un mur de soutènement d'une hauteur de 9 mètres (Figure 2). Les caractéristiques du sol sont les suivantes :

- angle de frottement du terrain naturel : 35 degrés ;
- cohésion nulle ;
- poids volumique : 18 kN/m³ ;
- surcharge : talus amont 3/2 (hauteur 3,50m) + surcharge routière.

La reconnaissance réalisée a mis en évidence des sols composés de calcaires en blocs et bancs plus ou moins fracturés, avec joints argileux, recouverts par une couche d'altération de calcaire en blocs et plaquettes noyés dans une gangue argileuse.

Les caractéristiques mécaniques des sols, déterminées au pressiomètre (pression limite et module pressiométrique), correspondent à des sols compacts ($p_{LM}^* > 1,5$ MPa, $E_M > 24$ MPa), sauf pour le premier mètre où l'argile prédominante peut faire fortement chuter les valeurs de compacité ($p_{LM}^* < 0,7$ MPa, $E_M < 2,40$ MPa).

L'ouvrage de soutènement fait d'éléments en béton a été construit par couches successives (Figure 2) en respectant la position des nappes de géotextile établie dans la note de calcul. Celles-ci ont une largeur de 2,50 m et sont espacées de 0,60 m (Figure 3).

Le mur traditionnel béton armé (cantilever) a été étudié selon les règles du BAEL 91 révisé 99, avec un voile de 8 m de hauteur, une épaisseur 0,70 m, encastré sur une semelle de fondation avec une largeur de 3,50 m.



Figure 2. Photos du soutènement réalisé

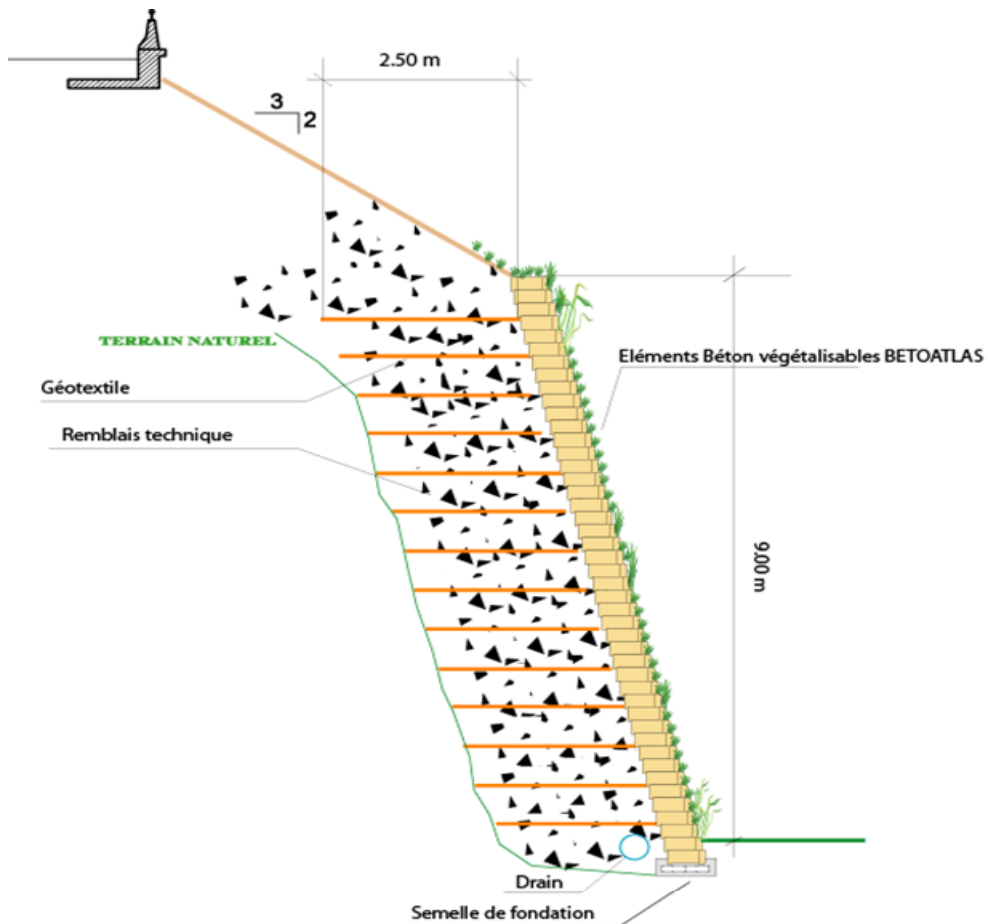


Figure 3. Coupe de principe de l'ouvrage réalisé

4. Bilan Carbone

Afin d'établir un bilan carbone pour ces types d'ouvrages, le guide des facteurs d'émissions de l'ADEME version 5 (2001–2007) a permis de définir les hypothèses de ratio équivalent carbone.

Pour un géosynthétique PET (Polyéthylène Téréphtalate), nous retiendrons la valeur de 1600 kg équivalent carbone par tonne. Concernant le béton et les graves les facteurs d'émission sont respectivement de 235 kg et 3 kg équivalent carbone par tonne. Les hypothèses de ratio équivalent carbone pour le transport des matériaux sont issues du guide des facteurs d'émissions de l'ADEME. Les tableaux 3 et 4 résument les résultats des deux solutions.

La solution de mur en sol renforcé a permis de diviser par environ 1,45 les émissions de CO₂, grâce essentiellement à l'économie de près de 46% de béton, les blocs étant creux.

Tableau 3. Bilan carbone pour l'ensemble du mur en remblai renforcé

Activité	Éléments	Quantité	Masse volumique	Masse (tonne)	Facteurs d'émission	Emission CO ₂ (T)
Mise en décharge	Déblais	1500 m ³	2 T/m ³	3000	0,5 kg/km	1
Béton armé fondation	Béton	50 m ³	2,5 T/m ³	125	235kg/T 0,5 kg/km	37
	Acier		7850 kg/m ³	5	870 kg/T 0,5 kg/km	2
Drainage	Drain Ø 100	133 ml	650g/ml	0,09	520 kg/T	0,05
Protection Géotextile talus	G x 150	1200 m ²	380 g/m ²	0,5	1600 kg/T	0,8
Parement	Blocs béton creux	600 m ³	2,5 T/m ³	1200	235kg/ T 0,5 kg/km	291
Renforcement	Géotextile	5600 m ²	380 g/m ²	2,12 T	2290 kg/T	4
Remblais technique	GNT	3200 m ³	2 T/ m ³	6400 T	3 kg/T 0,5 kg/km	40
Total						76

Tableau 4. Bilan carbone pour l'ensemble du mur en béton armé

Activité	Éléments	Quantité	Masse volumique	Masse (tonne)	Facteurs d'émission	Emission CO ₂ (T)
Mise en décharge	Déblais	1500 m ³	2 T/m ³	3000	0,5 kg/km	1
Béton armé fondation	Béton	760 m ³	2,5 T/m ³	1900	235kg/T 0,5 kg/km	450
	Acier		7850 kg/m ³	62	870 kg/T 0,5 kg/km	54
Drainage	Drain Ø 100	133 m	650g/m	0,09	520 kg/T	0,05
Protection Géotextile talus	G x 150	1200 m ²	380 g/m ²	0,5	1600 kg/T	0,8
Remblais technique	GNT	3200 m ³	2 T/ m ³	6400 T	3 kg/T 0,5 kg/km	40
Total						546

5. Conclusion

L'évolution des techniques a apporté de nouveaux types de murs de soutènement. Le client doit donc faire un choix judicieux entre les murs de soutènement dits « classiques » et des nouveaux types de murs de soutènement. La solution du mur réalisé en blocs creux a permis de réduire de 30% les émissions de CO₂ par rapport à une solution de béton armé. Ainsi ce

type d'ouvrage permet de limiter l'impact environnemental, dans une démarche de développement durable.

Toutefois il ne s'agit que d'une première approche il conviendra de multiplier avec les partenaires de la profession ce genre d'étude afin faire avancer les méthodes et la concurrence en la matière.

6. Références bibliographiques

ADEME. (2001-2007). Guide des facteurs d'émissions version 5.0, 240 pages.

Auray G., Garcin P., (2010). Bilan carbone et terrassement d'une autoroute sur cavités potentielles avec géotextile de renforcement. *Actes des Jjournées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Grenoble*, pp. 771-778.

Lokossou F.U. (2010). Positionnement environnemental des produits de la gamme BETOCONCEPT, projet de TFE, Université d'Artois, Béthune.

Rossi D., Faure R.M., Ducol J.P., Nancey A. (2006). Culée de pont porteuse réalisée avec un mur fait de blocs d'aspect pierre éclatée et renforcée par des géotextiles. *Actes des 6èmes Rencontres Géosynthétiques, Montpellier*, pp.429-434.