

VERS PLUS DE RECYCLAGE DANS LE GEOSYNTHETIQUES?

TOWARDS MORE OF RECYCLING IN GEOSYNTHETICS?

Francesco FONTANA^{1,2}

1 représentant du CEN TC 189 auprès du Comité Stratégique Consultatif sur l'Environnement du CEN-CENELEC (SABE).

2 Manifattura Fontana SpA, Valbrenta, Italy

RÉSUMÉ – Il est communément admis que les activités de recyclage devraient être une priorité à promouvoir et à encourager en toutes circonstances. C'est une bonne chose, mais le recyclage ne peut pas représenter un objectif en soi, il n'est qu'un des moyens possibles pour atteindre l'objectif final qui est de réduire l'impact des activités humaines sur le développement.

Certains des piliers de l'économie circulaire sont examinés ici en relation avec l'application des géosynthétiques dans le secteur de la construction. Une approche produit par produit ne répond pas aux principes de l'économie fonctionnelle ni aux exigences relatives aux cycles de vie les plus longs possibles. Une approche basée sur l'évaluation du système représenté par l'ensemble du projet est recommandée, en tenant compte des règles juridiques et techniques existantes régissant l'application des géosynthétiques.

Mots clés : Géosynthétiques, Recyclage, Recyclabilité, Économie fonctionnelle.

ABSTRACT – It's a common opinion that the recycling activities should be promoted and encouraged in any circumstances. This is something sounding good, but recycling cannot represent a goal by itself, being just one of the possible ways to reach the final goal which is to lower the impact of human activities directed to the development.

Some of the pillars of Circular Economy are examined in relation with the application of geosynthetics in construction industry. A product-by-product approach does not fulfil the principles of functional economy nor the requirements about the longest possible life cycles. An approach based on the evaluation of the system represented by the whole project is recommended, taking into due consideration the existing juridical and technical rules governing the application of geosynthetics.

Keywords: Geosynthetics, Recycling, Recyclability, Functional Economy.

1. Introduction

Il y a environ 60 ans quand le plastique a été introduit sur le marché, il a été accueilli comme un matériau merveilleux destiné à changer le monde pour le meilleur. Ces promesses ont été tenues dans une certaine mesure, et nous pouvons admettre que le plastique a changé nos vies dans la bonne direction. Ses propriétés en font encore un outil extraordinaire pour l'amélioration des conditions de vie de l'humanité.

Après quelques décennies d'utilisation, la popularité des plastiques a chuté de façon spectaculaire, essentiellement en raison de leur traitement en fin de vie, et les polymères sont maintenant souvent représentés comme responsables d'une grande partie de la pollution sur de la planète.

Bien entendu, le plastique en tant que tel n'est pas responsable. Le problème provient du comportement humain, à la fois en raison des abus dans les applications, mais principalement, dans la façon dont nous gérons sa fin de la vie.

Parmi les propriétés utiles des plastiques, la recyclabilité est assez intéressante et elle est souvent présentée par l'industrie comme argument pour défendre la production de ceux-ci et donner un peu de couleur verte à des produits considérés par ailleurs comme suspects par l'opinion publique.

Dans le monde spécifique des géosynthétiques, il existe déjà une tradition d'utilisation des matériaux recyclés, notamment dans le domaine des produits liés à l'industrie textile. Conjugée avec l'intérêt commercial croissant du marché pour ce qui peut être étiqueté « vert » ou « respectueux de l'environnement », cette possibilité appelle à l'examen critique des limites et des possibilités offertes par l'utilisation de matériaux recyclés.

Cette présentation analyse ce sujet au regard de certains des piliers de l'Economie Circulaire, des normes harmonisées et des conséquences possibles sur l'environnement au sens large. Dans cette démarche, il convient de garder à l'esprit que les buts finaux sont une planification et une conception responsables.

2. Cibler l'objectif général tout en acceptant un impact

La mauvaise image des plastiques ces dernières années est un fait. Tout le monde a à l'esprit les images de tortues et de dauphins aux prises avec des « sacs poubelles » ou piégés par des morceaux de filets de pêche.

Les médias parlent de plus en plus aussi des microplastiques, de leurs sources et des effets possibles. D'importantes campagnes de communication, principalement basées sur l'émotion, sont lancées, revendiquant un monde « sans plastique ».

D'autre part, nous sommes tous conscients de l'impossibilité de revenir à une vie sans plastique. Les applications de celui-ci dans les systèmes électriques, l'imperméabilisation, l'isolation thermique, l'hygiène, la réduction du poids des véhicules, les dispositifs sanitaires, etc. sont toutes nécessaires et précieuses, elles prolongent nos vies et les rendent plus sûres. En fait, un monde sans plastiques serait loin d'être plus respectueux de l'environnement et pas seulement pour des raisons de faisabilité pratique (Fontana, 2021). Même les technologies pour produire les énergies renouvelables ne sauraient se passer des plastiques (panneaux photovoltaïques, éoliennes, bassins hydroélectriques).

Cela signifie que la réduction de l'utilisation des plastiques ne peut pas être l'objectif final. Elle doit être l'un des moyens possibles en vue d'une meilleure performance environnementale de nos activités. Même les ODD (Objectifs de Développement Durable) 2030 des Nations Unies soulignent la nécessité du développement (Touze, 2018). Il s'agit simplement d'atteindre nos objectifs de développement de la manière la plus durable, ou, plutôt, la moins « non-durable ».

Cela signifie que nous devons accepter un impact pour nos activités, et nous devons identifier et comparer les différentes alternatives possibles pour la résolution de nos problèmes, afin de choisir les solutions les moins impactantes. Dans cette perspective, il est nécessaire d'adopter une approche prenant en compte le système global dans lequel les produits doivent déployer leurs fonctions, et ne pas limiter l'analyse à une évaluation produit par produit. Cette attitude est encore plus importante lorsqu'il s'agit d'une structure complexe, comme un ouvrage de construction, une route, un chemin de fer, un barrage ou tout autre bâtiment.

3. Géosynthétiques et environnement

L'utilisation des plastique dans les travaux géotechniques remonte déjà à plus de 50 ans. Durant une si longue période, les géotextiles dans un premier temps, puis les géosynthétiques, ont montré leur efficacité dans la contribution à la réduction des coûts et à l'amélioration des performances de l'industrie dans la construction, en particulier les infrastructures, mais pas seulement.

Plus récemment, au tournant du siècle, avec le développement croissant de la sensibilité environnementale, l'impact de l'utilisation de géosynthétiques a été de plus en plus étudié et a montré des résultats environnementaux exceptionnels. Ces études ont également permis d'évaluer le comportement des produits installés il y a de nombreuses années, de telle sorte que la modélisation théorique d'une éventuelle dégradation peut être confortée par des mesures à échelle réelle. Des études spécifiques (Stolz, 2019 ; Bilardi et al., 2021) montrent que les géosynthétiques offrent des avantages environnementaux importants par rapport aux technologies alternatives de construction traditionnelle. Ainsi, la réduction moyenne des émissions de CO₂, liée à l'emploi des géosynthétiques, peut atteindre 75 % voire 88 % (Moraci et al., 2021).

4. Piliers de l'économie circulaire

Un tel bilan coûts-avantages des géosynthétiques ne doit pas nous autoriser à arrêter les efforts pour réduire les impacts négatifs, réels et potentiels, qu'implique l'utilisation des géosynthétiques. Les principes de l'Economie Circulaire fournissent une ligne directrice très utile pour minimiser les impacts liés à nos activités. A partir de la première norme mise à disposition sur le sujet, la norme française

AFNOR XP X30-901, nous allons essayer d'analyser, pour les géosynthétiques, trois des sept piliers dits de l'Economie Circulaire, et suggérer des limites et des opportunités possibles que présentent les technologies du recyclage. Bien entendu, la limitation imposée pour cette brève analyse ne signifie pas que l'on ne puisse pas appliquer les autres piliers aux géosynthétiques.

4.1 Economie fonctionnelle

L'une des recommandations les plus importantes de l'Economie Circulaire consiste à se concentrer sur les fonctions remplies par les objets, plutôt que de regarder les objets eux-mêmes. A cet effet, il est nécessaire de se concentrer sur ce que les produits sont censés faire pour nous. Nous devrions, autant que possible, essayer de « dématérialiser », faire plus avec moins.

Dans cette perspective quand nous nous demandons comment mesurer l'impact d'un produit sur l'environnement, la mesure de l'impact de la production de l'objet par le biais de la masse (par exemple éco-points par kg), n'est qu'un outil (de passage) pour finaliser l'évaluation de l'impact de l'unité fonctionnelle du produit que nous recherchons. Autrement dit, tout dépend du système global dans lequel le produit est destiné à être utilisé. Bien sûr, finalement, le système des systèmes est l'environnement.

Lorsque nous décidons d'acheter un ordinateur, nous ne le choisissons pas sur la base de son poids. Ce que nous recherchons, ce sont ses performances, sa vitesse, sa capacité de mémoire, sa connectivité, etc. Concernant le poids, nous pourrions considérer que le plus léger est le meilleur, mais certainement pas choisir les moins chers au kg.

Pourquoi adopter des critères différents pour choisir un géosynthétique ou tout autre produit ? En tant que spécialiste de la production de géotextiles non-tissés, je voudrais vous présenter un exemple tiré de cette gamme de produits (Manzardo et al., 2021). Considérons un impact X donné, lié à la production d'un géotextile non-tissé aiguilleté de fibres 100% polypropylène vierges, un des géosynthétiques les plus courants sur le marché. Un autre géotextile, apparemment similaire, lui aussi non-tissé aiguilleté mais réalisé de fibres 100% polypropylène recyclées a un impact d'environ 50 % par rapport à la version vierge en termes d'éco-points par kg : $X/2$. Si nous arrêtons notre analyse à ce stade, d'un point de vue environnemental, nous devrions préférer le non-tissé recyclé. Mais en fait, pour notre dimensionnement technique, nous n'avons pas besoin d'un certain poids de polypropylène. Nous avons besoin d'une certaine performance qui permette d'accomplir la fonction nécessaire pour le produit.

Supposons que nous ayons besoin d'une résistance à la traction de 35 kN/m et réexaminons l'alternative d'un géotextile de fibres vierges et celle d'un non-tissé de fibres recyclées. Examinons les données tirées des performances moyennes déclarées dans les fiches techniques des produits disponibles sur le marché. Pour obtenir 35 kN/m avec géotextile non-tissé 100% PP vierge, nous avons besoin d'une masse surfacique de 500 g/m². Un produit ayant cette masse en PP 100% recyclé atteint une résistance en traction de 6 kN/m. Par conséquent, pour atteindre la résistance à la traction définie de 35 kN/m, il faut une masse surfacique d'environ 3 000 g/m². Cela signifie que pour obtenir la même performance qu'un produit vierge, un produit de fibres recyclées, aura une masse surfacique 6 fois plus élevée.

Sachant que l'impact d'un kg de géotextile en fibres recyclées est la moitié de celui d'un géotextile en fibres vierges, l'impact en termes d'unité fonctionnelle, ici la résistance à la traction, est trois fois plus élevé en utilisant un produit recyclé, auquel il faut ajouter l'impact du transport de l'usine au chantier pour un poids 6 fois plus élevé. Ce type d'évaluation peut être réalisé pour différentes unités fonctionnelles, liées à la fonction souhaitée.

4.2.1 Prolongation du cycle de vie du service

L'extension de chaque jour supplémentaire de la durée de service d'un produit représente une réduction proportionnelle de l'utilisation des ressources naturelles et de la production de déchets à traiter. Les géosynthétiques représentent l'un des meilleurs exemples d'utilisation des plastiques à long terme.

Lorsqu'une route est construite, on souhaite habituellement qu'elle dure 100 ans ou plus. Il ne serait pas très écologique de devoir la reconstruire tous les 5 ou 10 ans. Les géosynthétiques remplacent souvent l'utilisation de matériaux destinés à durer un temps indéterminé, comme le gravier, le sable, le béton (à noter, tous ayant un impact très important sur l'environnement). La prévision du cycle de vie est un élément important à prendre en compte lors de l'examen d'un autre pilier de l'Economie Circulaire, l'Eco-dimensionnement.

Les polymères vierges sont une ressource précieuse et rare qui, à mon avis, pourrait être réservée aux applications à long terme, représentant un très faible pourcentage des applications des plastiques. Dans le cas des géosynthétiques, la durée de vie utile peut être très proche de la durée de vie physique du matériau, et cela doit être soigneusement pris en compte afin de traiter les plastiques de la même manière, et de fixer les mêmes règles pour des produits totalement différents comme un emballage à usage unique et un tuyau pour les eaux usées, juste pour mentionner une autre application à long terme des plastiques dans l'industrie de la construction autre que les géosynthétiques.

La durabilité est également l'une des exigences indiquées dans le Règlement des Produits de la Construction (CPR 305/2011) dans le but d'établir une utilisation à long terme des ressources naturelles.

L'expérience avec les géosynthétiques remonte à plus de 50 ans, et l'expérience confirme un très bon comportement dans le temps à condition que la conception et les installations soient réalisées correctement (Delmas, 2017). La littérature sur la fin de vie des géosynthétiques est assez rare, car peu d'installations sont arrivées à la fin de vie jusqu'à présent.

4.2.2 Durabilité et recyclage

En considérant la durabilité la plus longue que nous ayons mentionné pour les géosynthétiques, en supposant qu'ils soient produits avec des polymères vierges, quelle pourrait être la durabilité des matériaux recyclés pour la même utilisation ?

Pour une réponse prenant en compte de toutes les implications possibles, il serait nécessaire de faire la distinction entre les différents types de produits recyclés, post-consommation, post-industriel, obtenu par pyrolyse, et ainsi de suite.

La nécessité de faire ces distinctions met en évidence la subtilité du sujet, dans un monde où trop d'entrepreneurs et d'installateurs recherchent la chance d'acheter le moins cher possible que ce qui est spécifié par les concepteurs ou par les autorités. La réponse du droit européen actuel, au travers des normes harmonisées, est claire : il n'est pas possible de déclarer une durée de vie d'un géosynthétique de plus de 5 ans lorsque la teneur en matière recyclée dépasse 10 %. Cette déclaration est valable quelle que soit la définition du terme « recyclé » choisie.

5. Fin de vie

Le recyclage est la troisième priorité dans le traitement des déchets, après la Réduction et la Réutilisation. Trop souvent, l'utilisation de matériaux recyclés est un argument défensif typique de l'industrie pour apparaître « plus vert ». Un peu de matériaux recyclés, et les devoirs pour l'environnement sont fait. Bien sûr, le recyclage est un effort louable, et nous devrions tous viser à recycler autant que possible, afin de réduire le taux de déchets. Cependant, il faut tenir compte que le recyclage n'est qu'un outil, et non un objectif final en soi, l'objectif final réel étant la minimisation des impacts environnementaux de nos activités.

Lorsque l'on parle de l'utilisation de matériaux recyclés, il sera alors nécessaire d'évaluer si et quand il est approprié de les adopter du point de vue environnemental. Le recyclage a ses propres coûts environnementaux à comparer avec les solutions alternatives capables d'atteindre les mêmes objectifs fonctionnels. Imposer un contenu minimum de matériaux recyclés doit également tenir compte des limites de disponibilité des matériaux recyclés sur le marché. L'effort de l'industrie est de réduire de plus en plus les déchets, et de prolonger les cycles de vie ; ainsi la disponibilité de matériau à recycler est destinée à disparaître avec le temps. Les plastiques recyclés se transforment déjà en une ressource rare sur le marché.

L'une des indications mentionnées dans le règlement CPR 305/2011, Exigence Fondamentale n°7, Utilisation Durable des Ressources Naturelles, est la *recyclabilité*. Dans une perspective de l'économie circulaire, il est demandé de prévoir la fin de vie d'un produit. Comme nous l'avons vu, la durée de vie des géosynthétiques est généralement destinée à durer des décennies et même plus de 100 ans. Mais dans certains cas, pour une petite partie des applications, l'utilisation est destinée à être temporaire, ou pourrait engendrer des déchets en cas de déconstruction de l'ouvrage. Dans ce cas, l'exigence de recyclabilité est toujours remplie par des géosynthétiques, à l'exception théorique de matériaux composites rares et compliqués, impossibles à séparer des composants d'origine.

Les principaux obstacles au recyclage d'un géosynthétique en fin de vie sont la distance du projet par rapport à l'éventuelle installation de recyclage et le nettoyage nécessaire avant recyclage. Mais c'est le problème pour tout de produit qui doit être évalué en termes de coûts économiques et écologiques. La

possibilité d'utilisation résiduelle finale demeure l'utilisation des déchets pour la production de chaleur dans les incinérateurs. Cette quantité résiduelle minimale recueillie après la durée de service aurait la même destinée que 96% de pétrole extrait dans le monde et immédiatement destiné à produire des combustibles.

Il est intéressant de noter que l'utilisation de plastiques à des fins géotechniques est un bon exemple d'une circularité particulière, car le pétrole extrait du sous-sol est traité et utilisé pour atteindre nos objectifs de développement, puis il retourne dans le sous-sol, sans la libération des atomes de carbone inclus dans ses molécules. C'est l'une des rares applications des plastiques, où le potentiel d'émission de CO₂ dû à la combustion est séquestré dans le sol.

6. Bilan recyclage de l'ensemble de la structure

Dans l'effort pour minimiser l'impact de nos travaux de construction, il a déjà été mentionné la possibilité d'évaluer l'impact de l'unité du « produit final », par exemple un km de route. Chaque produit choisi doit être évalué dans le cadre de ses relations et ses interactions avec les autres produits et matériaux du « produit final ». Une approche produit par produit mènerait à un résultat globalement beaucoup moins efficace. Ainsi, par exemple, l'imposition d'un pourcentage minimum de matières recyclées dans chaque produit pourrait difficilement permettre de dépasser ce pourcentage optimum de la structure globale.

Un bon exemple est la construction d'une route dans une zone où le sol est mou et peu propice à la construction de la plate-forme. Dans ce cas, un pourcentage important du sol excavé pourrait être éliminé en dépôt, et une quantité suffisante de gravier et de sable pourrait être apportée sur le chantier.

L'utilisation d'un produit géosynthétique approprié, 100 % en polymère vierge, permettrait de réutiliser totalement le sol « in situ », sans avoir besoin du transport et de l'élimination du sol excavé, ni de l'apport neuf de gravier et de sable. Dans ce cas, une très petite quantité en poids d'un produit géosynthétique, 100% en polymère vierge, permet de recycler 100% en poids du sol local, autrement impossible à utiliser dans l'ouvrage.

Avec cette solution, le kilomètre de route aura un coût environnemental (et aussi économique) beaucoup plus faible qu'une approche imposant un pourcentage minimum de matériaux recyclés produit par produit. Les géosynthétiques permettent de recycler d'autres matériaux destinés autrement à être éliminés en décharge, et ce faisant, il est possible d'éviter l'excavation et le transport d'autres types de matériaux vierges, comme les pierres, le gravier et le sable, dont l'impact est fort non seulement en termes d'émissions de CO₂, mais aussi pour le paysage, et pour la consommation de ressources naturelles avec un cycle de régénération extrêmement long.

7. Microplastiques

Au cours des dernières années, l'attention de la communauté scientifique et des médias a montré un intérêt croissant pour le phénomène des microplastiques, surtout lorsqu'ils sont dispersés dans les eaux. Il y a beaucoup de recherches et de discussions sur leur définition, leur mesure, leur origine, leur quantité et leurs effets sur les animaux et les humains (NOC2021 – EC-JRC2021 – Tekman et al. 2022). Malgré les nombreuses questions encore ouvertes, il y a une attitude prudente et partagée qui consiste à limiter leur production et leur diffusion intentionnelle ou non.

On s'inquiète des rejets possibles de microplastiques attribuables à l'utilisation de géosynthétiques, car ils sont installés directement en contact avec le sol et en particulier ils filtrent et drainent souvent l'eau dans le sol. Les géosynthétiques sont la plupart du temps enfouis dans le sol ou cachés par d'autres couches de matériaux, de sorte qu'ils ne sont généralement pas exposés aux principaux agents de dégradation : oxygène, températures élevées, rayons UV. Même la contrainte mécanique due à l'abrasion n'est prévisible que dans certaines applications spécifiques. Cependant, il faut faire preuve de prudence dans des circonstances particulières, lorsque les conditions chimiques imposent de choisir soigneusement le type de polymère, par exemple en contact avec du béton frais.

La prise en compte responsable de la production éventuelle de microplastiques est de toute façon un facteur à prendre en compte lors du choix ou de la spécification d'un produit géosynthétique. La stabilité chimique du polymère est une vérification recommandée, à la fois en termes de type de polymère qui va être utilisé, et en termes de performance éventuellement différente d'un matériau vierge et d'un matériau recyclé.

8. Tendances normative

Une Demande de Normalisation est en cours de la part de la Commission Européenne auprès du CEN CENELEC sur les thèmes du recyclage. Le titre provisoire est « Recyclage des plastiques et des plastiques recyclés » et il s'inscrit dans la « Stratégie européenne pour les plastiques dans l'économie circulaire ». La procédure est au stade de la consultation des parties prenantes, et elle a déjà identifié plus de 1100 initiatives de normalisation.

Il est intéressant de noter que le projet de cette Demande de Normalisation mentionne expressément que l'activité de normalisation subséquente ne remplacera pas la Norme Harmonisée existante. Le contenu de ce projet concerne essentiellement deux grands domaines économiques : l'emballage et l'agriculture. Les films et les membranes sont mentionnés en relation avec les activités agricoles, et pour le moment se concentrent sur le PVC. Les géosynthétiques ne sont mentionnés que par rapport à l'agriculture.

La multiplication des activités de normalisation sur les questions environnementales a conduit les instituts normatifs européens CEN et CENELEC à créer un comité spécial destiné à créer un peu de coordination et définir des lignes directrices afin de produire les normes et les définitions les plus cohérentes possibles. Ce groupe est actif depuis 2020 en tant que Groupe Cible sur l'Economie Circulaire de SABE, « Strategic Advisory Body on Environment » (Comité Consultatif Stratégique sur l'Environnement), dont la dernière réunion plénière a eu lieu le 14 mars 2022. Le comité s'occupe en général de tous les domaines et produits. A propos de l'industrie de la construction, le projet de lignes directrices recommande une approche basée sur l'évaluation du projet global en tant que système.

9. Conclusions

Ce document a tenté de contribuer à une approche critique « positive » des thèmes environnementaux. Le recyclage ne fait pas exception à la nécessité de comprendre et de distinguer les différentes situations. Il est possible d'utiliser davantage de matériaux recyclés dans la production des géosynthétiques, mais, comme pour tout autre produit, leur emploi doit être promu, à condition qu'il soit approprié et utile pour atteindre les objectifs environnementaux. Le recyclage n'est pas un objectif en soi, mais c'est un moyen possible à évaluer dans le cadre de chaque projet.

Concernant les géosynthétiques, les technologies orientées vers la meilleure exploitation des possibilités du recyclage s'amélioreront et permettront de prendre les bonnes décisions lors de la conception des ouvrages, en considérant attentivement :

- l'impact environnemental par unité fonctionnelle du produit ;
- la part de la contribution à la performance de l'ensemble du projet ;
- la durabilité souhaitée ;
- la probabilité de libération des microplastiques ;
- les limites imposées par les règles juridiques actuelles.

10. Références bibliographiques

Bilardi, S., Moraci, N. (2021) *L'impiego dei geosintetici nella progettazione sostenibile di discariche controllate*, XXXI Italian National Conference on Geosynthetics, Bari 2021.

Cazzuffi, D., Gioffré, D. (2020) *Lifetime assessment of exposed PVC-P geomembranes installed on Italian dams*, Geotextiles and Geomembranes, Elsevier.

Delmas. P. & Gourc, J.P. (2017) *The behavior of earthworks with geotextiles after several decades*, Index Geotextile Seminar, Geneva 2017.

EC JRC (2021) - *Symposium on Challenges of microplastic analysis - Bridging state of the art and policy needs*, (online event. 9 Sept 2021), EU 2021.

Fontana F. (2021) *Plastics: emotions and facts*, Index Environment and Geosynthetics Seminar, Geneva 2021.

Manzardo, A. (2021) *Il Marchio 'Made Green in Italy' per l'eccellenza ambientale dei geotessili e dei prodotti affini*, XXXI Italian National Conference on Geosynthetics, Bari 2021.

NOC - National Oceanographic Centre (2021) *Sources, amounts, & pathways of plastics entering the global ocean*, NOC, Southampton, 2021.

- Stolz, P., Frischknecht, R. (2019) *Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials*, <https://www.eagm.eu>
- Tekman, M.B., Walther, B.A., Peter, C., Gutow, L., Bergmann, M. (2022) *Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems*, 1-221 WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/zenodo.5898684.
- Touze N. (2018) *Healing the world: a geosynthetics solution*, 11th International Conference on Geosynthetics, 11ICG, Seoul 2018.