



Biodégradabilité et matériaux polymères biodégradables

Note de synthèse I

1. Contexte

Les concepts de biodégradation et de biodégradabilité sont anciens et se sont appliqués d'abord à certains produits chimiques en raison de leur impact sur l'environnement. Ces produits bénéficient depuis longtemps d'un cadre réglementaire au niveau mondial, s'appuyant sur des méthodes de mesure reconnues. Ainsi on dénombre actuellement une vingtaine de normes (européennes et internationales - ISO) concernant la biodégradabilité des matériaux, selon le milieu de dégradation (eaux douces, mer, sols, compost) et selon le matériau (textile, emballage, plastique, lubrifiant, détergents, médical). En France, il existe des normes AFNOR sur la biodégradabilité portant sur les produits dispersants, sur les agents de surface et les détergents et sur la qualité de l'eau. Aujourd'hui, l'extension de ces concepts aux matériaux dits biodégradables suscite beaucoup d'interrogation et de polémique.

Les premières recherches concernant la biodégradabilité des matériaux plastiques ont été réalisées sur les films de polyéthylène « photo(bio)dégradable ». En effet, pour tenter de résoudre le problème de la maîtrise des déchets plastiques et leur pollution, une des solutions a consisté en la mise au point dans les années 1980, et même avant, de plastiques dits « biodégradables ». La technologie de fabrication de ce type de plastique consiste à ajouter un additif (peroxydant) et/ ou une charge biodégradable (l'amidon) pour accélérer la biodégradation de la chaîne polymère synthétique. Ces produits sont commercialisés sous le label « biodégradable » sans aucun support scientifique. Or, l'expérience montre que ces matériaux sont simplement fragmentables et seule la charge biodégradable est attaquée par les micro-organismes. Le polyéthylène reste sous forme de fragments provoquant dans le cas des films agricoles pour le paillage des pollutions visuelles. Ce fut aussi un échec du point de vue agronomique car les fragments remontent en surface lors des opérations de travail du sol, accentuant les problèmes de pollution. Cet échec est aussi à l'origine d'un frein au développement et d'une méfiance pour les matériaux réellement biodégradables, les agriculteurs et les utilisateurs faisant l'amalgame entre biodégradable et photodégradable. Par ailleurs, les nouvelles générations de ces matériaux qui sont supposés se dégrader complètement laisseraient des fragments invisibles à l'œil nu et dont il est difficile de déterminer à l'heure actuelle l'impact de l'accumulation des résidus dans le sol.

On assiste depuis peu à un revirement chez les industriels des polyoléfines qui reconnaissent maintenant que le PE additivé n'est pas biodégradable dans les conditions normales de l'environnement naturel ou agricole, mais fragmentable (réduction en poudre).

L'apparition d'une multitude de produits finis issus de matériaux véritablement biodégradables a relancé l'intérêt porté aux recherches sur la biodégradation et la biodégradabilité. Ces recherches ont pour objectif de mieux connaître les mécanismes de biodégradation et les



conditions de dégradation, ceci, afin d'établir une échelle de biodégradabilité objective qui permettra d'optimiser les synthèses des nouveaux produits en fonction des conditions d'emploi. Cette démarche est soutenue par l'ADEME dans le cadre du programme AGRICE (Agriculture pour la Chimie et l'Énergie). Ce soutien porte à la fois sur la connaissance des biopolymères, leurs associations ainsi que leur fin de vie en s'assurant de leur innocuité et de leur compatibilité avec l'environnement.

2. La biodégradation : définitions et mécanismes

2.1. Définitions

Les matériaux polymères peuvent être dégradés par voie chimique, physique et/ou biologique et il est rare qu'une seule voie intervienne lors d'un processus de dégradation.

Cette dégradation est un ensemble de phénomènes aboutissant à une déstructuration moléculaire des constituants du matériau. Elle est généralement accompagnée d'une fragmentation.

Selon le dictionnaire, "biodégradable se dit d'un produit qui, laissé à l'abandon, est détruit par les bactéries ou d'autres agents biologiques". D'autres terminologies existent et varient selon les auteurs, les méthodes de mesures ou le site de biodégradation (sol, eau, compost, décharge). D'une manière générale, un consensus s'est dégagé autour de la notion d'impact sur l'environnement et la définition suivante semble faire l'unanimité : "un matériau est dit 'biodégradable' s'il est dégradé par des micro organismes. Le résultat de cette dégradation est la formation d'eau, de CO_2 et/ou de CH_4 et, éventuellement, des sous-produits (résidus, nouvelle biomasse) non toxiques pour l'environnement". Cette définition se retrouve dans au moins 5 normes en vigueur (ISO, CEN).

Il découle de cette définition que "la biodégradabilité est la capacité intrinsèque d'un matériau à être dégradé par une attaque microbienne, pour simplifier progressivement sa structure et finalement se convertir facilement en eau, CO_2 et/ou CH_4 et une nouvelle biomasse".

2.2. Les processus de la biodégradation

Les processus mis en jeu lors de la biodégradation sont nombreux et complexes et font intervenir une suite de phénomènes qui, sommairement, sont les suivants :

- une première phase correspondant à une détérioration du produit, appelée désintégration. Elle est généralement provoquée par des agents extérieurs (mécanique comme le broyage, chimique comme l'irradiation UV, ou thermique comme la phase pasteurisation en compostage). Les micro organismes ou d'autres être vivants (vers de terre, insectes, racines, voire rongeurs) peuvent aussi fragmenter le produit : on parle alors de bio fragmentation.

Cette première phase est très utile car elle a pour résultat le morcellement du matériau qui, ainsi, sera plus facilement accessible aux micro organismes (augmentation de la surface de contact)

- une deuxième phase correspondant à la biodégradation proprement dite. Il s'agit ici de l'attaque du matériau par les micro organismes qui vont, grâce à leurs enzymes le



transformer en métabolites qui seront assimilés dans les cellules, le résultat final étant la minéralisation qui correspond à la production de CO_2 et/ou CH_4 et d'eau. Cette deuxième phase est souvent concomitante à la première. La biodégradabilité peut être partielle ou totale d'où le concept de "plastique biodégradable environnementalement acceptable" introduit par certains auteurs. Lorsque la biodégradation est partielle, les résidus ou sous-produits doivent être non toxiques pour l'homme et l'environnement.

La biodégradation des matériaux est influencée par un certain nombre de facteurs que l'on peut classer en quatre grandes catégories :

- **Les paramètres physico-chimiques du milieu de dégradation.** Ils sont déterminants non seulement pour l'expression des micro-organismes intervenants dans la dégradation mais aussi pour le matériau amené à être dégradé.
Trois éléments rentrent en ligne de compte : (i) la température qui favorise l'activité microbienne, (ii) la teneur en eau du milieu qui doit être suffisante pour permettre aux fonctions des micro-organismes de s'exprimer et (iii) le pH.
Ces paramètres sont importants et peuvent conditionner par exemple la biodégradation d'un matériau enfoui dans le sol ou laissé à l'abandon dans la nature.
- **Les paramètres microbiologiques du milieu de dégradation.** Chaque écosystème est également caractérisé par des facteurs microbiologiques qui lui sont propres. Ainsi certains matériaux sont davantage biodégradables par compostage que dans le sol. D'une manière générale, dans tous les milieux la biodégradation a lieu si des micro-organismes capables de dégrader le polymère considéré sont présents. En effet, la vitesse de dégradation dépend de la colonisation microbienne à la surface du matériau. Seules les cellules vivantes sont capables d'adhérer à la matrice du polymère. Ce phénomène « d'accrochage » est aussi dépendant des propriétés physiques du matériau (hydrophilie, porosité).
- **La structure et les propriétés des polymères constituant le matériau.** Le degré de polymérisation (agencement des motifs monomères) peut fortement influencer la biodégradation. Il est couramment admis qu'une faible masse molaire du polymère facilite la biodégradation, surtout l'action des enzymes. Parmi les autres facteurs, on peut citer le caractère hydrophile ou hydrophobe du matériau; sa porosité qui peut déterminer la diffusion des enzymes à travers la masse du polymère et le niveau de colonisation des microbes, sa cristallinité dont l'importance peut ralentir la biodégradation; enfin, la présence de liaisons facilement hydrophobes dans le polymère, telles que les liaisons ester et même des doubles liaisons qui facilitent la biodégradation de celui-ci.
- **Le procédé de fabrication du matériau.** Le procédé de fabrication envisagé (extrusion, injection, thermoformage ...) ainsi que les conditions de mise en forme du matériau (température, pression, utilisation de plastifiants, d'additifs) vont donner des matériaux aux caractéristiques très différentes tant au niveau de leur cristallinité que de leur composition ou encore de leur comportement vis à vis de l'eau, induisant des biodégradations différentes. L'épaisseur du matériau obtenu intervient également dans la vitesse de biodégradation.



En général plus le matériau est épais, plus lente est la dégradation., notamment si on considère que le mécanisme de dégradation est une érosion de surface. Cependant, des additifs peuvent inhiber, même à faible dose, la croissance microbienne s'ils contiennent des éléments toxiques. Enfin, l'incorporation de charges biodégradables à faible masse moléculaire peut favoriser la biodégradation globale du matériau, laissant les autres constituants inertes livrés à un destin incertain. C'est le cas des mélanges amidon / polyéthylène pour lesquels l'élimination de l'amidon ne s'accompagne au mieux que d'une fragmentation du polyéthylène restant.

3. Origine et classification des matériaux polymères biodégradables :

Sommairement, il existe 3 grands types de matériaux, qu'on appelle biopolymères : ceux d'origine naturelle, les artificiels et les composites.

Les matériaux d'origine naturelle sont ceux synthétisés par les êtres vivants : animaux, végétaux et micro-organismes. La famille la plus importante est celle des polysaccharides (glucides) comme l'amidon, la cellulose, la lignine. On retrouve ces polymères dans le bois, le papier, la viscose, le Cellophane et toutes les fibres textiles (coton, lin, chanvre, sisal ...).

Une autre famille sujette à de nombreux travaux actuellement est celle des protéines (gluten, caséine, collagène, gélatine ...).

Enfin, la dernière famille est celle des lipides. Les huiles de colza, soja, tournesol ... ont un avenir certain pour la fabrication de lubrifiants ou de graisses biodégradables, de biocombustibles et même de produits rigides. A cette famille, on pourrait rattacher les élastomères carbonés comme le caoutchouc naturel.

Toujours d'origine "naturelle", il existe des produits issus de fermentations des sucres et de l'amidon par des bactéries (biotechnologie). Selon les bactéries, on obtient divers polymères comme les PHB, PHV et PHBV.

Les matériaux d'origine artificielle sont obtenus par des procédés industriels de synthèse. Appelés par certains auteurs matériaux synthétiques, ces matériaux n'existent donc pas dans la nature. Les plus connus sont le PGA, le PLA, les PCL, les PVOH Certains polyesteramides sont aussi biodégradables.

Les matériaux composites sont des mélanges des matériaux ci-dessus de façon à obtenir un produit plus performant bénéficiant des avantages de ses 2 (ou 3) composants. Ainsi, il est possible de mélanger de l'amidon à des PCL pour obtenir des substances aux performances mécaniques comparables aux plastiques traditionnels. De même, il est possible de mélanger des fibres naturelles (lin, chanvre) à divers biopolymères pour réaliser des matériaux "armés" pour fabriquer par exemple des tableaux de bord de voitures.

4. Les tests d'étude de la biodégradabilité des polymères :

Les méthodes de mesure de la biodégradabilité sont variées et difficiles à mettre en œuvre. Elles peuvent être effectuées selon deux catégories de tests :





- tests *in vitro* basés sur une mesure de la production de CO_2 et/ou de CH_4 , de la consommation d'oxygène ou des tests enzymatiques.
- tests *in situ* dans les sols et les composts. Dans les sols, les conditions sont souvent connues mais non maîtrisées. Dans les stations de compostage, les conditions peuvent être maîtrisées sommairement (température, aération, humidité, granulométrie ...)

4.1. Les tests de laboratoire :

Les tests de laboratoire les plus utilisés sont ceux basés sur des techniques de respirométrie aérobie et de dégagement de CO_2 . Le principe consiste à exposer le matériau à une source de micro-organismes ou inoculum (généralement surnageant de boues activées de station d'épuration). Certaines de ces méthodes sont normalisées (5 normes ASTM, une JIS, une CEN et 3 OCDE). D'autres sont en cours de normalisation, comme par exemple sur sol. En définitive, c'est le test de la mesure du dégagement de CO_2 que le CEN a retenu en priorité pour ses normes, avec celui de la mesure de la consommation en oxygène et du dégagement en CH_4 .

4.2. Les tests de terrain :

Dans les tests *in situ* dans les sols et les composts, les échantillons sont enfouis selon un protocole précis. Après un temps d'exposition déterminé, les changements visuels et massiques sont notés pour chaque échantillon. Ces tests sont en cours d'amélioration en vue d'une normalisation ultérieure.

Très peu de travaux existent mettant en évidence une corrélation entre les tests de laboratoire et les expositions dans les conditions réelles. Seuls ceux du CEMAGREF ont montré que les index (taux de dégradation) *in vitro* et les caractéristiques physico-chimiques des matériaux sont significatifs pour prédire le devenir d'un matériau dans son environnement, à condition d'y ajouter au moins une des caractéristiques du climat (profil des températures en fonction du taux de jours), du sol (granulométrie du sol) et la durée de l'exposition.

Pour approfondir ces connaissances et constituer une banque de données pour l'agriculture, le CEMAGREF et l'ENSIACET ont monté une expérimentation visant à tester *in situ* 1500 échantillons de 20 types de plastiques connus pour leur biodégradabilité et pour leur éventuelle utilisation comme paillage. Des tests similaires ont été réalisés dans le cadre d'un programme européen avec pour objectif d'une part, de comparer différentes méthodes de mesure en vue d'une normalisation ultérieure; d'autre part d'étudier la biodégradation de matériaux existants sur le marché.

4.3. Perspectives d'avenir

En vue de mieux cerner les relations entre les tests de terrain et de laboratoire évoquées ci-dessus, une méthode de mesure en milieu solide artificiel a été mise au point dans le cadre d'une thèse co-financée par l'ADEME et le Cemagref (Thèse de Sophie Grima, 2002).



Enfin, un projet AGRICE actuellement en cours a pour objectif principal l'étude des phénomènes physiques de (micro)fragmentation des bioplastiques dans le sol dans le cadre d'une utilisation pour l'agriculture, ceci en vue de maîtriser leur impact sur l'environnement (visuel, physique, contamination de la chaîne alimentaire) et de proposer des critères objectifs de normalisation.

5. Les normes et les projets de normes :

Il n'existe pas de normes sur la définition de la biodégradabilité. Toutefois, comme évoqué ci-dessus, il existe des normes pour mesurer la biodégradation et aussi des textes fixant le vocabulaire. En ce qui concerne les matériaux solides, la seule norme qui fait référence actuellement est la norme harmonisée européenne 13432 (NF EN 13432 en France) relative à l'une des exigences de la Directive 94/62/CE "emballages et déchets d'emballage" à savoir la valorisation par compostage et biodégradation. Cette norme ne tient pas compte des déchets d'emballage qui peuvent se trouver dans l'environnement par des moyens incontrôlés (déchets sauvages). Elle arrête 4 critères d'acceptation :

- **Composition** : la norme établit un taux maximal de solides volatils, de métaux lourds et de fluor acceptables dans le matériau initial.
- **Biodégradabilité** : Le seuil acceptable de biodégradabilité est d'au moins 90% au total, ou 90% de la dégradation maximale d'une substance de référence.
- **Désintégration** : c'est l'aptitude du produit à se fragmenter sous l'effet du compostage. Le seuil de refus est de 10% de la masse initiale au-dessus du tamis de 2 mm.
- **Qualité du compost final et écotoxicité** : elle ne doit pas être modifiée par les matériaux d'emballage ajoutés au compost et ne doit pas être dangereuse pour l'environnement. La norme impose de réaliser des tests écotoxicologiques sur le compost final et exige une performance supérieure à 90% de celle du compost témoin correspondant.

Ces 4 critères doivent être tous remplis pour que le matériau soit déclaré apte au compostage.

La norme NF EN 13432 a servi de base pour l'élaboration de la norme NFU 52-001 « matériaux biodégradables pour l'agriculture et l'horticulture, qui a pris effet depuis le 20 février 2005. Cette norme se propose de clarifier le débat en ce qui concerne les différentes terminologies utilisées pour les matériaux biodégradables et de trouver un langage commun pour tous : scientifiques, prescripteurs, distributeurs, utilisateurs et industriels. Par ailleurs, elle devra apporter des garanties sur la biodégradabilité des matériaux, les critères d'éligibilité, les performances et l'absence de risques écotoxicologiques. D'autres projets européens de norme sur la biodégradabilité sont en préparation. Le plus avancé est le projet intitulé "évaluation de la biodégradabilité aérobie ultime et de la désintégration des matériaux plastiques dans des conditions contrôlées de compostage - méthode par analyse du dioxyde de carbone libéré".



Enfin, il existe des labels spécifiques aux matériaux biodégradables qui garantissent leurs propriétés de biodégradabilité ou de compostabilité.

Ces labels, ou marque de conformité, ont des caractéristiques communes : ils sont tous basés sur des normes existantes, ou sur des méthodes de mesures reconnues (par exemple, recommandations OCDE). De plus, il existe des accords mutuels de reconnaissance entre les organismes certificateurs de façon à éviter la multiplicité des labels et à réduire les coûts. Ces accords sont basés sur un document ISO/CASCO/WG11 & 12. Ainsi, un label allemand sera reconnu en Belgique et vice versa. De plus, ces labels visent à délivrer une garantie commerciale (marque). Enfin, ils sont coûteux : l'organisme certificateur va faire effectuer des tests par des laboratoires agréés, demander des frais de gestion, déposer et défendre une marque, etc. En revanche, le fabricant comme le consommateur sont garantis de l'exactitude des performances annoncées dans le certificat de conformité.

Ces labels se situent dans la continuité directe des normes et sont donc indispensables.

Le tableau ci-dessous donne quelques organismes certificateurs et normes utilisées pour labelliser les matériaux biodégradables.

Organisme Certificateur	Normes de référence
DIN CERTCO (Allemagne)	DIN V 54900
NF Environnement (France)	En cours
AIB Vinçotte (Belgique)	EN 13432
US Composting Council (USA)	ASTM 6400
Jätelaitosyhdistys (Finlande)	EN 13432
Biodegradable Plastic Society (Japon)	GreenPla certification program

Ainsi, à titre d'exemple, AIB-Vinçotte (B) délivre 3 labels dans le domaine des matériaux biodégradables :

- "OK Compost".
- "OK biodégradable -sol"
- "Sacs bio plastiques pour collecte des déchets biodégradables"

Une quinzaine d'industriels sont inscrits aux marques ci-dessus.

Conclusion

Les concepts de biodégradation et de biodégradabilité demandent encore à être mieux définis et à être normalisés. Ce qui nécessite de définir non seulement l'environnement dans lequel se biodégrade la matière ou le matériau (eau, sol, compost, enfouissement...) mais aussi l'échelle de temps attachée à cette dégradation (par exemple, tenue d'un paillage en fonction de la culture,...).



Aujourd'hui, quelle que soit la polémique qui existe autour de ces concepts, on peut considérer la biodégradabilité comme une propriété positive, notamment dans les applications où elle apporte un avantage par rapport aux applications concurrentes, voire par rapport à un contexte. Ainsi par exemple il serait peut-être plus judicieux d'utiliser des films biodégradables à la place de films plastiques classiques dont la collecte et le traitement posent des problèmes à l'agriculteur. En effet, les films biodégradables pourraient être laissés sur le champ après utilisation, puis incorporés à la terre au moment de la préparation du sol pour les cultures suivantes. Ceci, bien entendu dans des conditions de prix d'achat équivalent, de l'absence d'innocuité des films biodégradables et de l'absence d'effet cumulatif de la biomasse restante vis à vis du sol. De même il est possible de conseiller des sacs biodégradables pour la collecte des déchets là où existe un système de collecte organisé associé à une unité de compostage, ceci après avoir examiné les autres voies de valorisation et comparé les coûts.

Actuellement il existe ou se mettent en place toute une batterie de tests d'évaluation de la biodégradabilité. Les plus utilisés sont les méthodes de mesure de la biodégradabilité en milieu aqueux faciles à mettre en œuvre et qui sont généralement reproductibles. Elles servent pour le moment de base pour les différentes normes. Toutefois, ces méthodes présentent l'inconvénient majeur de ne pas être représentatives des conditions réelles de la biodégradation qui a lieu préférentiellement dans des milieux solides (sol et compost). D'autres méthodes plus proches du milieu naturel sont en cours de développement.

L'ensemble de ces outils devrait à terme permettre de définir clairement la notion de biodégradabilité et de valider le concept en tant qu'atout pour les produits issus de ressources renouvelables et non comme argument marketing utilisé pour diffuser n'importe quels produits sur le marché du biodégradable.



Références bibliographiques

1. Ce plastique faussement biodégradable. Pierre Feuilloley, Guy César, Ludovic Benguigui, Yves Grohens, Hilaire Bewa, Sandra Lefaux. *La Recherche*, N° 374, avril 2004..
2. Biodégradation de matériaux polymères à usage agricole : étude et mise au point d'une nouvelle méthode de test, analyse des produits de dégradation et impact environnemental. Thèse présentée à l'Institut National Polytechnique de Toulouse. Sophie Grima - 16 décembre 2002.
3. Les biomatériaux en agriculture. Colloque organisé à Auray les 14 et 15 juin 2001.
4. Etude de la compostabilité des matériaux à base d'amidon et de poly(acide lactique). Thèse présentée à l'université de Reims Champagne Ardenne. Richard Gattin - 5 janvier 2001
5. Les matériaux biodégradables en cultures légumières et en horticulture. Journée technique Hormatec. 27 janvier 2000.
6. Evaluation objective de la biodégradabilité des matériaux polymères : mise au point d'une méthode et d'un dispositif instrumental. Anne DECRIAUD-CALMON. Thèse soutenue le 9 juillet 1998 à l'Institut National Polytechnique de Toulouse. N° d'ordre : 1439.
7. Etude de la biodégradation de films de polyéthylène photo(bio)dégradables. Thèse présentée à l'Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand. Abderrazek Maaroufi - 31 décembre 1993.
8. Les plastiques dégradables. Séminaire du CPA, Nice 29 & 30 avril 2004.
9. Labelling biodegradable products. Contrat européen SMT 4 CT97-2167. Rapport final 2002.

Glossaire

PHB	Poly hydroxybutyrate
PHV	Poly hydroxyvalérate
PHBV	Poly hydroxybutyrate co hydroxyvalérate
PGA	Poly glycolic acid
PLA	Poly lactic acid
PCL	Poly caprolactone
PET	Polyéthylène téréphtalate
PVOH	Poly vinylalcool

CEN	Comité Européen de Normalisation
DIN	Deutsches Institut für Normung
ISO	International Standard Organisation

- Dégradation d'un matériau

Ensemble des phénomènes physiques et (ou) chimiques et (ou) biologiques concomitants et (ou) successifs aboutissant sans aucune exception à une destruction moléculaire de tout ou partie de ses constituants. La dégradation d'un matériau est généralement accompagnée d'une fragmentation du matériau précédant la déstructuration (macro) moléculaire.



- Fragmentation d'un matériau

Ensemble des phénomènes physiques et (ou) chimiques et (ou) biologiques concomitants et (ou) successifs aboutissant à une désagrégation de ce dernier en morceaux de plus en plus petits. Elle est susceptible d'aboutir à une séparation partielle ou totale du ou des constituants du matériau et à une perte plus ou moins grande des caractéristiques physico-chimiques initiales de ce dernier.

On parle de désintégration lorsqu'il y a fracture d'un matériau en très petits fragments (90 % de granulométrie inférieure à 2 mm - NF EN 13432).

- Bio-assimilation d'un matériau

Phénomène par lequel la (micro) faune et (ou) la (micro) flore, constituants élémentaires de la biomasse, utilise (nt) un matériau comme nutriment. La bio-assimilation se traduit par une série de phénomènes observables et quantifiables qui sont principalement :

- Le concours à la génération d'une nouvelle biomasse.
- Le dégagement d'H₂O, de CO₂ et (ou) de CH₄ ainsi que la production éventuelle d'autres molécules organiques et (ou) minérales.
- Le dégagement d'énergie sous forme de chaleur.

Il en découle qu'un matériau est bio-assimilable s'il peut subir une bio-assimilation.

- Biodégradation d'un matériau

Ensemble des phénomènes physiques, chimiques et biologiques concomitants et (ou) successifs aboutissant sans aucune exception à sa bio-assimilation. Il en découle qu'un matériau est biodégradable s'il peut subir une bio-assimilation.

- Photo-dégradation

Dégradation provoquée par une exposition aux rayonnement lumineux, en particulier les UV.

- Thermo-dégradation

Dégradation provoquée par exposition à la chaleur sans fusion.

Adresse des principaux organismes certificateurs

AIB Vincotte	Business Class Kantorenpark Jan Olieslagerslaan 35 1800 Vilvoorde, Belgium	Tel +32.(0)2.674.57.11 Fax +32.(0)2.674.59.59 info@aib-vincotte.be
DIN CERTCO	Burggrafenstrasse 6 1087 Berlin Allemagne	WWW.dincerto.de
NF Environnement	AFNOR CERTIFICATION 11, Av de Pressencé 93571 St Denis La Plaine cedex	www.afnor.fr