

Emballer la fraîcheur, c'est surtout respecter
l'environnement !

Note de synthèse sur les supports dégradables et biodégradables

Par Philippe LAVOISIER
IDEAS international



LES ATTENTES DES CONSOMMATEURS

Une étude du cabinet MV2(1) réalisée en mars 2005 , pour le salon Europack ,sur l'attitude des consommateurs face à l'emballage montre que derrière le prix , l'emballage est un élément fondamental dans le choix du produit , notamment sur la destinée des emballages vides .

DES EMBALLAGES PERCUS COMME FONCTIONNELS MAIS PEU ECOLOGIQUES !

<i>Quelles sont , selon vous ,les qualités d'un emballage (en% des réponses « tout à fait » et « plutôt »</i>			
PRODUITS ALIMENTAIRES		PRODUITS D'HYGIENE - BEAUTE	
Protège bien le produit	92 %	Maniable , facile à transporter	92 %
Maniable , facile à transporter	88 %	Protège bien le produit	92 %
Biodégradable	56 %	Biodégradable	48 %
Réutilisable	42 %	Ecologique	40 %
Ecologique	41 %	Réutilisable	26 %

L'ASPECT ECOLOGIQUE DES EMBALLAGES

La prise de conscience des consommateurs sur l'aspect écologique des emballages s'est d'abord manifestée par la mise à l'écart des sacs à usage unique de sortie de caisse (151 530 123 295 sacs à usage unique distribués dans le monde entre le 1^{er} janvier et le 1^{er} avril 2005 (4))

Certains territoires et villes françaises ont mené des opérations pour en arrêter la distribution en sortie de caisse (Corse , Ile de ré , la Ciotat , Montpellier , la Savoie , Dijon.....)

Une étude menée conjointement par la société ECOBILAN et l'ADEME à la demande de CARREFOUR(2) a par ailleurs permis de quantifier et comparer les impacts environnementaux de quatre types d'emballage dont des sacs en kraft et en matière biodégradable !

Aujourd'hui de nombreuses législations se mettent en place permettant de contrôler , de réduire ou d'interdire les déchets plastiques (Australie , Canada , Hongrie ,Inde , Japon)

Cette prise de conscience se justifie par le regard que nous portons maintenant sur des décennies de mauvaise gestion des déchets et surtout sur l'aspect visuel et polluant des décharges et pollution des mers !

Car si l'on y regarde bien la plupart des matières se dégradent sur de longues périodes (3)

LA PLUPART DES MATIERES SE DEGRADENT SUR DE TRES LONGUES PERIODES DE TEMPS!

<i>Combien faut il pour que le produit se dégrade (3)</i>	
Le papier	2 à 5 Mois
Les peaux d'orange	6 mois
Les ficelles	3 à 14 mois
Les filtres à cigarette	1 à 12 ans
Les emballages carton enduit (lait)	5 ans
Les sachets plastiques très fins	10 à 20 ans
Des chaussures en cuir	25 à 40 ans
Des tissus en nylon	30 à 40 ans
Des récipients minces	50 à 100 ans
Des récipients aluminium	80 à 100 ans
Les Suremballages de Packs de 6 bouteilles	450 ans
Des bouteilles en verre	1 millions d'années
Les bouteilles plastiques	Jamais

LES PLASTIQUES DANS L'EMBALLAGE

Gardons à l'esprit simplement quelques chiffres :

- L'emballage est la première application des matières plastiques puisque 38% du tonnage consommé en Europe est destiné à cet usage.
- Si les emballages plastiques entrent dans 50% des emballages de grande consommation, ils n'en représentent pas moins de 15% en poids des matériaux d'emballage.
- Cependant , l'emballage n'utilise que 2% de la consommation de pétrole , la majeure partie de cette consommation de pétrole allant à l'énergie et aux carburants automobiles .

LES AVANTAGES INCONTOURNABLES DES PLASTIQUES

- économiques,
- légers,
- faciles à transformer,
- transparents ou opaques, mats ou brillants, doux ou granités,
- rigides ou souples,
- incassables à froid (surgelés) ou résistants aux températures élevées (remplissage à chaud, cuisson ou stérilisation in situ),
- perméables ou barrières à l'oxygène, à l'humidité selon la nécessité,
- chimiquement inertes en contact avec les aliments ou les médicaments,
- hygiéniques et inaltérables.

LES PLASTIQUES DEGRADABLES ET BIODEGRADABLES

Les développements des matériaux biodégradables étaient déjà largement connus dans le domaine médical, et ce depuis maintenant les années 1995 ; aujourd'hui les matières plastiques dégradables et biodégradables font l'objet de recherche accrue dans le domaine de l'emballage (10 fois plus de brevets publiés dans les cinq dernières années) , un programme de développement spécifique a été conduit pour eux (13) Les matériaux polymères peuvent être dégradés par voie chimique, physique et/ou biologique ; sachant que plusieurs voies peuvent intervenir lors d'un processus de dégradation

LE BON SENS DES MOTS !

Afin de clarifier le langage « commun » entendu par le consommateur non averti , il est indispensable de parfaitement définir un certain nombre de termes appliqués à ces matériaux .

S'il n'existe pas de norme sur la biodégradabilité ; il existe des normes pour mesurer la biodégradation et aussi des textes fixant le vocabulaire (5)(13)

BIODEGRADABLE :

Biodégradable se dit d'un produit qui laissé à l'abandon , se détruit par les bactéries ou autres agents biologiques (champignons,algues) en milieu anaérobie ou aérobie et ce dans des conditions naturelles se trouvant dans la biosphère .

Le résultat de cette dégradation est la formation d'eau , de CO₂ et :ou de CH₄ , 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)

COMPOSTABLE

Matière soumise à une décomposition biologique , *grâce à au travail d'organismes biologiques vivants sous conditions contrôlées* ,produisant du CO₂ , de l'eau , des composés inorganiques et de la biomasse à un niveau comparable à celui des matières compostées , dans des conditions commerciales/industrielles , et ne laissant aucun résidu , reconnaissable ou toxique .

Le processus de biodégradation est complexe et fait intervenir une suite de phénomènes qu'on peut résumer comme suit :

PROCESSUS : D'ABORD ILS SE DEGRADENT ...

- Une première phase correspond à la détérioration physique et mécanique du produit appelée **DEGRADATION** ou **DESINTEGRATION**
Elle est généralement provoquée par des agents extérieurs (mécanique comme le broyage , chimique par l'irradiation UV , ou thermique comme la phase pasteurisation en compostage , compression mécanique)
Les micro-organismes ou d'autres être vivants (vers de terre , insectes , racines , voire rongeurs) ;peuvent fragmenter le produit : on parle alors de **BIO FRAGMENTATION**

Cette phase, ayant pour résultat le morcellement des matériaux , sera plus facilement accessible aux micro-organismes (augmentation de la surface de contact, présence d'oxygène)

MAIS SUIVANT PLUSIEURS TECHNIQUES DE DEGRADATION !

On classe communément la dégradation suivant le facteur ayant la plus forte influence :

OXODEGRADATION :

Matière qui subit une dégradation par un procédé à étape multiples , selon lequel un additif (composé généralement de plusieurs initiateurs du type photo-oxydants et thermo-oxydants) amorce la dégradation par **oxydation** , laquelle est accéléré par les rayons ultraviolet (UV) du soleil , la chaleur et/ou un stress mécanique .

L'oxydation abiotique produit une dégradation de toutes les propriétés .

Les molécules longues du polymère sont cassées en molécules plus petites ou fragments.

La présence d'oxygène incorporé dans ces fragments de molécules ainsi que la température sont importants pour conditionner la biodégradation (seconde étape)

Le plastique initial est hydrophobe et les produits de sa dégradation deviennent hydrophile ; les molécules du produit dégradé sont beaucoup plus petites .

Ces petites molécules tendent à se lier au sol et sont beaucoup plus mobiles que les molécules du polymère initial. Elles sont également une source d'énergie pour les micro-organismes et dès lors deviennent biodégradables à l'exemple du Polyéthylène .

PHOTODEGRATION :

Matière dégradable sous l'effet du rayonnement ultraviolet (UV) , de telle sorte que la matière s'affaiblit et se fragmente en minuscules particules

HYDROSOLUBILISATION :

Matière soluble dans l'eau , généralement à l'intérieur d'un écart de température , il se biodégrade ensuite sous l'action des microorganismes .

...ENSUITE , ILS SE BIODEGRADENT .

- la deuxième phase est la **BIODEGRADATION** proprement dite .
Le matériau est attaqué par les micro-organismes , qui grâce à leurs enzymes Vont le transformer en métabolites qui seront assimilés dans les cellules, le résultat final étant la minéralisation qui correspond à la production de CO₂ et /ou de CH₄ et d'eau. Cette seconde phase est parfois concomitante à la première.

LA VITESSE DE BIODEGRADATION PEUT VARIER

La biodégradation des emballages plastiques est influencée par un certain nombre de facteurs (5) :

- **les paramètres physico –chimiques du milieu de dégradation :**

ils sont déterminants pour « l'activité » des micro-organismes

les trois éléments qui sont déterminants sont

- o la température (favorisant l'activité microbienne)
- o le teneur en eau du milieu
- o le PH

- **Les paramètres microbiologiques du milieu de dégradation**

Chaque écosystème a une « population » microbiologique particulière, et par exemple certains plastiques sont d'avantages biodégradable par compostage , que dans le sol ...

En tout état de cause, la biodégradation n'a lieu que si les micro-organismes capables d'absorber le polymère sont présents (par exemple, une décharge qui ne comporte aucun résidu alimentaire ne sera pas favorable à la biodégradation)
Plus la colonisation microbienne est importante, plus l'adhésion des cellules vivantes aux parties hydrophiles d'un matériau oxydé sera rapide et importante.

La complexité et le diversité des conditions chimiques et biologiques des systèmes lors du processus de biodégradation rendent difficiles la possibilité de connaître en détails les mécanismes de biodégradation ;

Pour mieux comprendre les processus de biodégradation , des recherches sont actuellement menées pour obtenir des conditions expérimentales contrôlées ; en d'autres termes certains laboratoires réalisent des essais avec des milieux de culture microbiens identifiés dans un media composé de composés chimiques parfaitement définis .

L'établissement de telles des conditions biochimiques permettra de suivre le développement et la croissance de cultures microbiennes. Des travaux très récents consistent à suivre la croissance d'une molécule clé (l'ATP , adénosine triphosphate) Celle-ci étant la molécule caractéristique de l'énergie de métabolisme des cellules vivantes , elle reflète l'activité métabolique de la culture à la fois sur le film bio (surface du film) et dans le media liquide environnant .

La finalité de l'étude de ces processus étant de poser les bases de méthodes expérimentales permettant d'établir des méthodes de tests normalisées pour mesurer et qualifier la biodégradabilité des matériaux plastiques.

- **La structure et les propriétés du polymère constituant l'emballage**

Le degré de polymérisation (agencement des monomères et longueur des chaînes de polymère) influencent fortement la biodégradation.

Des chaînes très courtes (caractérisées par une masse moléculaire faible) facilitent la biodégradation, par l'action des enzymes.

C'est pour cette raison que le processus doit démarrer par une dégradation ou fragmentation.

- **Le procédé de fabrication du matériau**

Le procédé de fabrication en extrusion et les conditions process (température , pression , part de plastifiant , additifs , impression , traitements de surface) vont donner à l'emballage des caractéristiques différentes au niveau de la cristallinité que du comportement vis-à-vis de l'eau , induisant des biodégradation différentes .

De façon évidente l'épaisseur du matériau obtenu intervient dans la vitesse de biodégradation , par exemple si un film biodégradable de 20 µ qui se biodégrade dans un laps de temps de 2 à 5 mois (en fonction de l'activité microbienne dans le sol) verra sa durée de biodégradation passer de 9 à 12 mois en fonction du sol (6) pour un film de même nature en 30µ.(6)

LES DIFFERENTS MATERIAUX BIODEGRADABLES

Les emballages biodégradables peuvent être répartis suivants cinq grandes familles (7) (13):

- Les biopolymères issus de plantes (amidon , cellulose , lignine , etc ...)
On trouve ces polymères dans le bois , le papier , la cellophane et toutes les fibres textiles (coton , lin, chanvre , sisal...)
- Les biopolymères produits par polymérisation chimique qui associent l'utilisation de matières premières renouvelables à des processus industriels de polymérisation (PLA*) Le plus populaire étant le Polylactique acide fait à partir d'amidon de Maïs
- Les biopolymères produits par des micro-organismes génétiquement modifiés (PHA , PHV , PHB , PHBV *)
- Les polymères synthétiques (PVOH*)
- Les emballages d'origine Fossile (PP* , PE* ...) auxquels on ajoute un additif qui facilite sa biodégradabilité

LES NORMES EN VIGUEUR

S'il n'existe pas de norme sur la biodégradabilité ; il existe des normes pour mesurer la biodégradation ; des tests peuvent être conduit :

- in vitro basés sur une mesure de la production de co2 et :ou de CH4 , de la consommation d'oxygène ou des tests enzymatiques
- in situ dans les sols et les composts. Dans les sols , les condition sont souvent connues mais non maîtrisées .Seul dans les stations de compostage , les conditions peuvent être maîtrisées sommairement (granulométrie , humidité , température , aération...)

Cependant en France les stations de compostage industrielles ou personnelle ne représentent que 3% des déchets alors que les **décharges représentent encore 51% du volume des déchets** (2) et l'incinération le reste.

La norme EN 13432 **ne s'applique qu'aux « emballages et déchet d'emballage » et s'applique à valider leur compostabilité**, c'est-à-dire la valorisation par compostage et biodégradation , **ce n'est pas une norme sur la biodégradabilité des emballages** Elle s'arrête sur l'acceptation de 4 critères principaux. (5)

- composition : elle établit un taux maximal de solides volatils , de métaux lourds et de fluor acceptable dans le matériau initial
- Biodégradabilité : le seuil acceptable 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 au-dessus du tamis de 2 mm
- Qualité du compostfinal et ecotoxicité ; 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 ecotoxicologiques sur le compost final et exige une performance supérieure à 90% de celle du compost témoin correspondant.

Les matériaux biodégradables dits photodégradables satisfont plus facilement à cette norme car l'évaluation est basée sur la mesure du taux d'émission de CO₂ de la cellulose lors de la dégradation, par conséquent le plastique hydro biodégradable émet un taux élevé de CO₂ dans l'atmosphère qui concourt d'avantage à l'effet de serre que des produits Oxo biodégradables ; ces derniers au contraire retiennent la plupart du carbone et le relâche lentement dans les plantes avec une absorption plus lente, ce qui permet d'apporter au compost une valeur nutritive plus intime du fait que la plupart du carbone provenant du plastique est sous la forme de produits intimement oxydés, de matériaux humides et de biomasse (12)

La plupart des organismes internationaux ont établis des standards et des méthodes de tests développés spécialement pour les produits biodégradables, on citera notamment (8)

- American Society for Testing and Materials (ASTM) (www.astm.org);
- European Standardisation Committee (CEN) (www.cenorm.be);
- International Standards Organisation (ISO) (www.iso.org);
- Institute for Standards Research (ISR),
- German Institute for Standardisation (DIN); and
- Organic Reclamation and Composting Association (ORCA) (Belgium).

A titre d'exemple l'American Society for Testing and Materials (ASTM) a mis au point une série de standards permettant de déterminer la détérioration des propriétés physiques des produits dans différentes conditions d'environnement :

- compost (D5509 , D5512)
- simulation de décharge (D5526-24)
- activité microbienne aerobic (D5247)
- conditions marines (D5437)

Les principales différences entre les normes sont relatives au pourcentage de biodégradation requis pour satisfaire la norme ** (6) (8), c'est-à-dire le taux de CO₂

*** applicable uniquement pour le compostage*

Standard	Taux de biodégradation	
DIN	60%	6 mois
ASTM	60%	6 mois
CEN	90%	6 mois
OECD	60% (for chemicals)	28 jours

Le standard récemment développé par l'ASTM (ASTM 6954 04) est un guide permettant de tester les produits oxo dégradables, cette méthode reconnaît l'oxo biodégradabilité comme un processus à deux étapes, tout d'abord la désintégration (Oxydation) puis la biodégradation qui s'ensuit.

De nombreux rapports publiés (10) (11) sur les films oxo dégradables confirment leur aptitude également à se biodégrader.

La méthode de test ASTM D882 est utilisée pour suivre le processus de dégradation et la méthode de test ASTM D 3826 est utilisée pour déterminer le moment dans le temps au bout duquel le polymère est complètement dégradé (75% des produits testés ont une élongation à la rupture qui tombe à 5% ou moins)

LES TRAITEMENT DE L'EMBALLAGE ET SA BIODEGRADABILITE

La plupart des supports plastiques, qui sont qui sont le cœur de ce qui va devenir un emballage, subissent des opérations de stockage, de transport et de transformation au cours de leur vie et leur utilisation.

Parmi les transformations qui modifient la structure du film de base, on pourra noter :

- l'enduction (ex colle , vernis , couches barrières , antibuée)
- l'impression (avec solvants ou sans solvants , séchage traditionnel ou UV)
- le contre collage avec d'autres supports (avec ou sans solvant)
- la perforation du support (laser ou aiguilles à chaud)
- la métallisation du support

Par conséquent , nous devons nous poser la question de la biodégradabilité de l'emballage lorsque le film de base (qui lui est biodégradable) subit « **un apport de matière** ».

A retenir , un support vierge biodégradable devra être de nouveau testé pour sa biodégradabilité lorsqu'il aura subit « un apport externe de matière »

De nombreux développement sont actuellement menés pour mettre sur le marché des produits eux mêmes biodégradables , la Biodégradable Plastics Society au JAPON a ainsi édité une liste détaillant un ensemble de produits « green pla »(9) appelée « positive list – Class C

Parmi celle-ci , on retiendra par exemple des encres pour impression en rotogravure à base de Poly Caprolactone (biotech color de DAINICHISEIKA)

De nombreuses recherches sur des adhésifs biodégradables utilisables pour des emballages dits complexes (assemblage de plusieurs films de même nature ou de nature chimique différente via une opération de collage) sont actuellement en cours . En avril 2005 , un brevet d'application a été déposé présentant un adhésif basé sur des acrylates biodégradables utilisables pour la complexion de film (US 2005 /0085608).

LES FILM DEGRADABLES /BIODEGRADABLES SUR LE MARCHÉ

Nous avons répertorié chez différents fournisseurs quelques film dégradables/biodégradables Destinés au marché de l'emballage (autre que les sacs de sortie de caisse)

Type de matière	Référence produit	Producteur	Type de dégradabilité / biodégradabilité	Gamme de film
PLA	BIOPHAN	TREOFAN	Hydro	PLA 121 ,101 et 111 de 20 à 40 µ
PLA	ECO film	CORTEC corporation USA	Hydro	
PP additivé	SUPERECO	SUPERFILM	Oxo	Plain 1011 Coex 2011 Label 1012 Cast PP np2011
CELLULOSE	Cellophane	INNNOVIA	Hydro	Cellophane WS
CELLULOSE	NATUREFLEX	INNNOVIA	Hydro	Natureflex NE 600 NE 30

PLA	ECOLOJU	MISTSUBISHI plastics	Hydro	Ecoloju series C , S , C B
PLA	TERRAMAC	UNITIKA	Hydro	Ref EF 01 et 02 UF 01 et UF 02
PLA	PALGREEN	TOHCELLO	Hydro	Palgreen L et C
PVOH	HIGHCELON	Nippon synthetic	Hydro	
PVOH	DOLON	Aicello	Hydro	Dolon V A
PVOH	VINYLON	Kuraray	Hydro	
Aromatic Polyester	ECOLOJU	MISTSUBISHI plastics	Hydro	Ecoloju Serie CE
Aliphatic Polyester	ECOLOJU	MISTSUBISHI plastics	Hydro	Ecoloju serie IB

Références bibliographiques :

- (1) LSA n°1911-1912 du 16 juin 2005 .
- (2) Evaluation des impacts environnementaux des sacs de caisse CARREFOUR - ECOBILAN et Revue critique organisée par l'ADEME Fev 2004
- (3) www.worldwise.com/biodegradable.html
- (4) Les amis du vent – WWF newsletter n°6
- (5) Biodégradabilité et matériaux biodégradables – ADEME 10 mars 2005
- (6) Organisation Professionnelle de l'agriculture biologique en Alsace
- (7) Fiche technique emballage - mars 2004 – CRCI ARIST champagne Ardenne
- (8) Biodégradable plastics-development and environmental impacts - department of environment and heritage Australia –october 2002
- (9) BPS Biodegradable plastics Society (japan) – positive list class C
www.bpsweb.net
- (10) Environmentally degradable plastics based on oxo-degradation of conventional polyolefins by Norman C Billingham
- (11) Composting of homo-polymer film in a full scale windrow composting plant Call recovery europe ltd feb 2004
- (12) Report to the australian Government by NOLAN – ITU consultant Sept 2003
- (13) Environmentally Degradable plastics – 1999- leonardo di vinci program

• Glossaire des plastiques

PHA	Poly Hydroxy Alcanoic acid
PHB	Poly hydroxybutyrate
PHV	Poly hydrxyvalerate
PHBV	Poly hydroxybutyrate co hydroxyvalerate
PGA	Poly glycolic acid
PLA	Poly lactic acid
PCL	Poly caprolactone
PET	Poly ethylene terephthalate
PP	Polypropylene
PE	Polyethylene
PVOH	Polyvinyl alcool

Note explicative sur l'auteur :

Philippe LAVOISIER, 51 ans, Ingénieur Diplômé de l'ICPI en génie chimique avec un master sur les Polymères acryliques. A commencé sa carrière en 1979 chez 3M, où il participa au développement du Post it note tant en Europe qu' au laboratoire central de 3 M à St PAUL (Minnesota). Devenu R &D Manager, il prend part à la task force Européenne pour le lancement du Post it.

Il devient ensuite Area sales Manager dans l'entreprise Cellier puis DMT où durant 10 ans il a en charge la vente et l'implantation d'usines clé en main pour la fabrication de film biorientés.

Il y développa certains procédés pour la production de nouveaux films en collaboration avec les fournisseurs de résines et de Master batch.

En 1995, il crée sa propre société de Conseil IDEAS international et devient consultant de grands groupes internationaux en France, Etats-Unis, Mexique et Turquie;

il développa avec des producteurs des films hautes barrières à base d'alliages de Polypropylène; et plus récemment des films dégradables /biodégradables pour l'emballage des produits frais et des fleurs; d'autres travaux sont conduits également dans le traitement plasma des films pour atteindre certaines propriétés d'adhésion et d'antibuée.

Il met au service des producteurs et des transformateurs ses 26 ans d'expérience dans le domaine des films plastiques tant au niveau des matières premières que des procédés et du marketing,