

DIRECTION ENVIRONNEMENT

**PROJET PILOTE DE COLLECTE,
TRANSBORDEMENT ET COMPOSTAGE DE
MATIÈRES PUTRESCIBLES AVEC SACS
DÉGRADABLES**

**Dossier CRIQ n° 640-PE26297
Rapport final**

Monsieur Mario Laquerre
RECYC-QUÉBEC
7171, rue Jean-Talon Est, bureau 200
Anjou (Québec) H1M 3N2

MONIQUE CHARLAND
CONSEILLÈRE EN DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE

SOPHIE CANTIN, AGR., M.Sc.
RESPONSABLE DE PROJET

GERARDO BUELNA, DOCTEUR-INGÉNIEUR
CHEF DE GROUPE

SAINTE-FOY, LE 17 OCTOBRE 2002

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
1. INTRODUCTION.....	1
2. DESCRIPTION DES TRAVAUX.....	2
2.1 REVUE DE LITTÉRATURE.....	2
2.2 CARACTÉRISATION DES SACS	2
2.3 ESSAIS D'ENTREPOSAGE	2
2.4 SUIVI DE LA VITESSE DE DÉGRADATION DES SACS.....	5
2.5 SUIVI DES COMPOSTS	6
2.6 ESSAIS DE GERMINATION ET CROISSANCE	6
3. RÉSULTATS	7
3.1 REVUE DE LITTÉRATURE.....	7
3.1.1 Définitions et normes	7
3.1.2 Types de sacs.....	8
3.1.3 Les freins à l'utilisation de sacs biodégradables et les avantages ..	10
3.2 CARACTÉRISATION DES SACS	11
3.3 ESSAIS D'ENTREPOSAGE	12
3.3.1 Intérieur.....	12
3.3.2 Extérieur.....	15
3.4 SUIVI DE LA VITESSE DE DÉGRADATION.....	17
3.5 SUIVI DES COMPOSTS	23
3.6 ESSAIS DE GERMINATION ET CROISSANCE	27
4. CONCLUSION	28
5. RÉFÉRENCES.....	29

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

	PAGE
Figure 1 : Dispositif expérimental de l'entreposage intérieur.....	3
Figure 2 : Dispositif expérimental de l'entreposage extérieur.....	5
Figure 3 : Évolution de la teneur en eau des composts	23
Figure 4 : Évolution de la matière organique des composts	24
Figure 5 : Évolution du rapport C/N des composts.....	24
Figure 6 : Évolution du taux d'assimilation d'oxygène des composts.....	25
TABLEAU I : LISTE DES FABRICANTS ET/OU FOURNISSEURS IDENTIFIÉS	9
TABLEAU II : PRINCIPALES COMPOSANTES, ADDITIFS ET AGENTS DE CHARGE DES SACS RETENUS	11
TABLEAU III : ÉLÉMENTS TRACES DANS LES SACS RETENUS.....	12
TABLEAU IV : DEGRÉ DE DÉGRADATION DES SACS EN COURS DE COMPOSTAGE.....	18
TABLEAU V : PARAMÈTRES DE LA NORME BNQ.....	26
TABLEAU VI : TAUX DE GERMINATION.....	27
TABLEAU VII : POIDS FRAIS MOYEN DES PLANTS.....	28

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de son Programme de soutien au compostage, **RECYC-QUÉBEC** a confié à la Communauté urbaine de l'Outaouais (CUO), au Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ), à la Régie Intermunicipale Argenteuil Deux-Montagnes (RIADM) et à la Ville de Laval un projet permettant d'évaluer l'utilisation de sacs dégradables pour la collecte et le compostage des matières putrescibles.

Le rôle du CRIQ dans cette étude était d'effectuer une revue de la littérature sur les sacs dégradables et de procéder à des essais et à des analyses sur certains sacs. De façon plus précise, le mandat du CRIQ comportait plusieurs volets. Tout d'abord, il consistait à effectuer une revue de la littérature afin, d'une part, d'effectuer l'inventaire des fabricants et/ou distributeurs de sacs dégradables et, d'autre part, d'avoir un aperçu du côté technique. Par la suite, une caractérisation des sacs a été effectuée, de même que des essais d'entreposage avec analyse de la résistance. Une autre partie des travaux portait sur le suivi de la vitesse de dégradation des sacs au cours du compostage. De plus, un suivi a été effectué en cours de compostage et les produits matures ont été analysés. Finalement, des essais de germination et de croissance ont été effectués avec les composts obtenus.

Au total, cinq (5) sacs ont été testés, quatre (4) sacs dégradables et un (1) sac conventionnel. Deux (2) d'entre eux ont subi des essais de compostage et les cinq (5) ont été testés en laboratoire. Les sacs ayant été compostés sont ceux de la compagnie Biocorp et Ralston et les deux autres sont des sacs de la compagnie Polar Gruppen et Indaco. Dans ce rapport, les sacs sont identifiés par le nom de la compagnie.

Bien que de nombreux articles et études aient été réalisés concernant des méthodes d'évaluation de la biodégradabilité et que des normes soient en vigueur, la performance des sacs dégradables au cours d'un procédé de compostage est peu documentée et se limite la plupart du temps à des résultats d'analyses effectuées en laboratoire ou à des essais sur des sacs qui ne sont plus sur le marché. On peut retrouver dans la littérature certains témoignages de responsables de programmes de collecte et de sites de compostage qui utilisent de tels sacs mais les informations sont toutefois limitées.

2. DESCRIPTION DES TRAVAUX

Le mandat du CRIQ se divise en six (6) sections :

- revue de littérature;
- caractérisation des sacs;
- essais d'entreposage;
- suivi de la vitesse de dégradation des sacs;
- suivi des composts;
- essais de germination et croissance.

2.1 REVUE DE LITTÉRATURE

La revue de littérature avait pour but d'effectuer l'inventaire des fabricants et des distributeurs de sacs à l'échelle mondiale. Ce marché est très mobile et il est important de dresser une liste actualisée des différentes sources. Les compagnies ont été contactées au besoin afin d'obtenir de l'information sur chaque sac recensé (composition, conditions de dégradation, etc.). Ces démarches ont permis de recueillir des données sur les sacs retenus pour faire la collecte et de sélectionner deux autres types de sacs dégradables pour leur faire subir des analyses et des tests de résistance en laboratoire. De plus, des informations techniques ont été rassemblées concernant les divers types de sacs disponibles sur le marché.

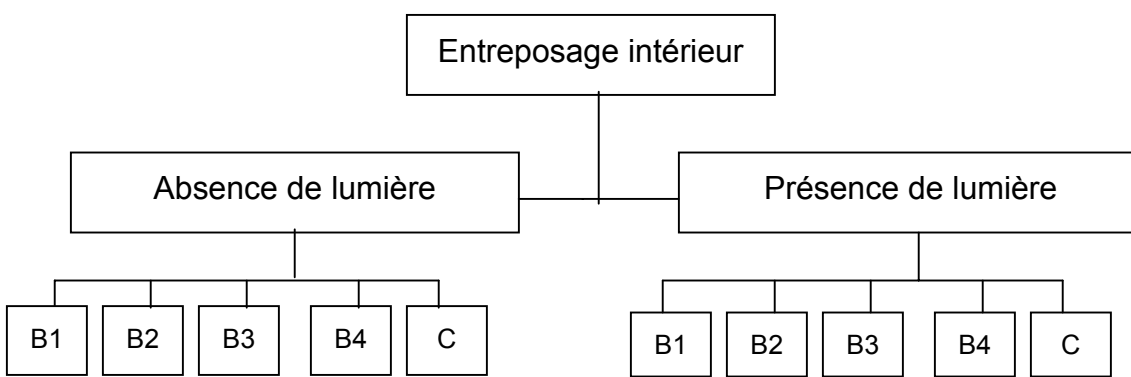
2.2 CARACTÉRISATION DES SACS

Les cinq (5) sacs ont été analysés, à leur état initial, au moyen d'un spectromètre d'émission atomique et un infrarouge. Ces analyses ont permis d'isoler tous les éléments qui composent les sacs et d'établir la présence de substances potentiellement toxiques. Les composantes de chacun des sacs ont été identifiées, de même que les additifs, les métaux lourds et les agents de charge.

2.3 ESSAIS D'ENTREPOSAGE

L'entreposage intérieur a été effectué en présence et en absence de lumière. La durée de conservation des sacs, comprenant une analyse visuelle au microscope (fissures), une analyse physique (résistance à un poids de 20 kilogrammes) et une analyse chimique (infrarouge), a été évaluée de façon hebdomadaire pendant au moins deux (2) mois à l'exception de l'analyse chimique qui a été effectuée à trois reprises au cours de cette période. L'évaluation des odeurs et l'observation de la couleur ont

également été effectuées de façon qualitative à chaque semaine. Un sac de chaque type a été soumis à ces analyses. Les sacs entreposés à la lumière étaient placés sur une table dans la même disposition que lors de leur livraison (en rouleau ou pliés). La température de la pièce était de 22 °C, l'humidité relative de 39 % et l'intensité lumineuse était de 175 lux à 1,85 mètre de la source lumineuse. En absence de lumière, les sacs étaient conservés à l'intérieur de boîtes dans une pièce à 21,8 °C et 34 % d'humidité relative. Le schéma et la photographie qui suivent illustrent le dispositif expérimental :



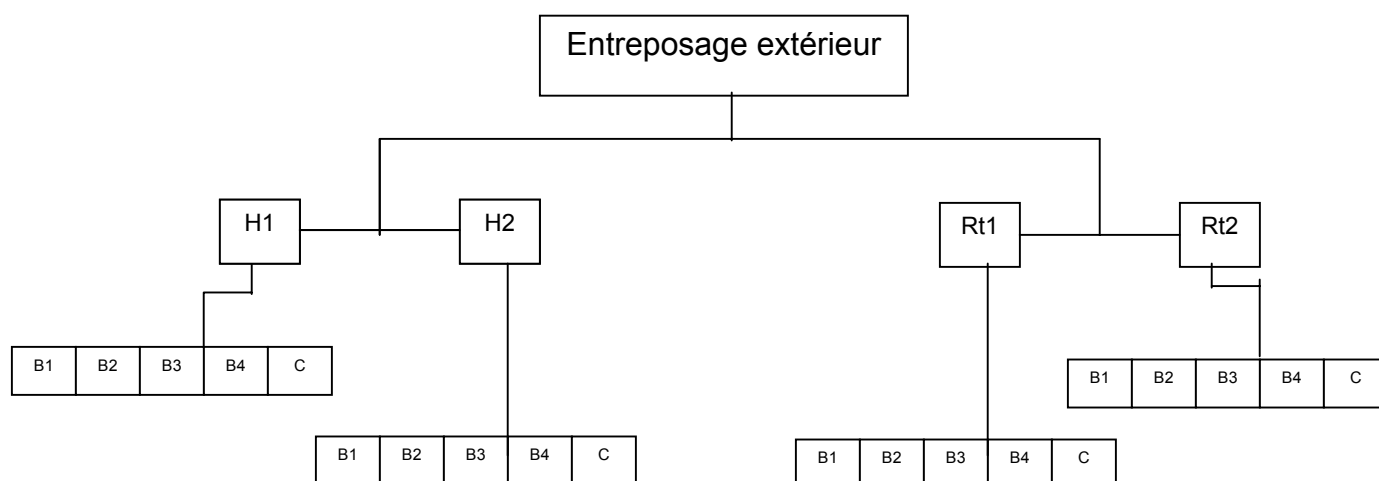
B_n : sacs dégradables
C : sac conventionnel

Figure 1 : Dispositif expérimental de l'entreposage intérieur



Photographie 1 : Montage expérimental des sacs entreposés à la lumière

L'entreposage extérieur consistait à effectuer des tests de résistance des cinq (5) sacs en situation réelle d'utilisation. Pour ce faire, des matières putrescibles ont été placées dans les sacs et ceux-ci ont été exposés aux conditions extérieures. Deux (2) substrats ont été utilisés : herbes et résidus de table. Deux (2) périodes d'essai ont été réalisées sur chaque substrat afin de couvrir différentes conditions météorologiques. La durée était de deux (2) semaines, soit la durée maximale d'entreposage des ordures chez les citoyens. Une évaluation des sacs a été effectuée trois (3) fois par semaine. Cette évaluation comprend un test de résistance physique qui consiste à élever le sac à un (1) mètre du sol pour le laisser tomber à deux reprises, ainsi qu'à une évaluation qualitative de la couleur, des odeurs et de l'aspect général du sac. Les conditions météorologiques ont été compilées au cours des périodes d'essais. Au niveau du contenu des sacs, une attention a été portée afin qu'il soit comparable d'un sac à l'autre et d'un essai à l'autre. En période estivale, les sacs d'herbe pesaient en moyenne 7 kg alors que les sacs de résidus de table pesaient en moyenne 5 kg. Pour la période hivernale, le poids moyen de résidus de table était de 4,5 kg. Les sacs ont été placés dans un enclos afin d'éviter que de petits animaux viennent se servir. Voici le schéma résumant les essais. Il est à noter que l'entreposage en période hivernale ne comprenait que des résidus de table.



B_n : sacs dégradables
 C : sac conventionnel
 H_n : herbe
 Rt_n : résidus de table

Figure 2 : Dispositif expérimental de l'entreposage extérieur

2.4 SUIVI DE LA VITESSE DE DÉGRADATION DES SACS

Les sacs subissant des essais de compostage dans les andains (Biocorp et Ralston) ont fait l'objet d'un suivi au niveau de la vitesse de dégradation. À quatre reprises, soit deux (2) semaines après la formation de l'andain, un (1) mois, deux (2) mois et à la fin de la période de maturation du compost, des échantillons provenant des andains contenant les sacs Biocorp (sacs entiers et déchiquetés) et les sacs Ralston (entiers et déchiquetés) ont été acheminés au CRIQ. Une analyse par spectroscopie infrarouge a permis de déterminer si les composantes du sac sont en processus de dégradation en comparant les spectres à celui du sac brut. De plus, des observations microscopiques ont été effectuées afin de déterminer le degré de dégradation des sacs par rapport à leur état initial.

2.5 SUIVI DES COMPOSTS

Le sac utilisé par la Ville de Laval et celui utilisé par la CUO ont été compostés par andainage sur aire ouverte avec deux techniques de retournement : avec et sans ouverture des sacs. Un godet de la compagnie ALLU a été utilisé pour ouvrir les sacs. Il s'agit d'un godet à marteaux permettant de déchiqueter les sacs. Les retournements sans ouverture des sacs ont été effectués avec un chargeur sur roues. Les sacs s'ouvriraient éventuellement mais sans être déchiquetés. Quatre types de composts ont donc été produits. À cinq reprises au cours de la période de compostage, des échantillons de compost ont été prélevés et analysés pour le suivi de la teneur en eau, de la teneur en matière organique, du rapport C/N et du taux d'assimilation d'oxygène. Lors du dernier échantillonnage, tous les paramètres de la norme CAN/BNQ 0413-200/97 ont été analysés afin de caractériser ces quatre (4) composts. Les paramètres de cette norme sont les suivants : teneur en eau, teneur en matières organiques totales, teneur en corps étrangers, taux d'assimilation d'oxygène, teneur en éléments traces, coliformes fécaux et salmonelles. De plus, la méthode utilisée pour déterminer le contenu en corps étrangers a été appliquée aux polymères seulement afin d'en déterminer spécifiquement la teneur dans les quatre (4) composts produits au cours du projet.

2.6 ESSAIS DE GERMINATION ET CROISSANCE

À la fin de la période de compostage, des bioessais ont été effectués sur les quatre (4) composts produits. Il s'agit d'un test de germination et croissance avec le cresson alénois et le radis. Chaque compost a été mélangé à un sol témoin contenant 1/3 tourbe, 1/3 sable et 1/3 perlite pour former un substrat de croissance. Ces substrats ont été comparés à un témoin constitué uniquement de sol. Le test comprend quatre (4) pots par type de graine. Les paramètres observés sont le taux de germination et le poids frais des plantes après 14 jours de croissance. Ce test permet de déterminer s'il y a présence de composés phytotoxiques dans le compost. La méthode utilisée pour ces essais est celle qui était incluse dans la norme CAN/BNQ 0413-200/97 avant les modifications qui ont fait en sorte que cet essai n'est plus un critère de la norme.

3. RÉSULTATS

3.1 REVUE DE LITTÉRATURE

3.1.1 Définitions et normes

Il est important de bien définir les termes dégradable, biodégradable et compostable, puisqu'ils sont tous utilisés lorsqu'il est question de ce type de sac. Selon l'ASTM (The American Society for Testing and Materials), un plastique dégradable subit un changement de structure chimique sous des conditions environnementales spécifiques, ce qui résulte en une perte mesurable de certaines propriétés. Les sacs de plastique dégradables sont à base de polyéthylène et contiennent un ou plusieurs additifs qui constituent un facteur de dégradabilité (photodégradable, thermodégradable ou hydrodégradable). Ces polymères ne se biodégradent pas, c'est-à-dire que leur dégradation n'est pas le fruit de l'action de microorganismes, mais plutôt d'un phénomène chimique qui fragmente le film en particules de plus en plus petites. Ces particules peuvent par la suite être assimilées par des microorganismes et ultimement être transformées en gaz carbonique, en eau et en biomasse. En principe, la qualité du compost n'est pas compromise, en autant que le fractionnement se produise suffisamment rapidement. Les minuscules débris pouvant exister dans le compost ne seraient pas plus dommageables qu'un autre élément inerte, quoi qu'à ce jour aucun suivi à long terme n'ait été réalisé pour évaluer l'impact de ces particules au niveau du sol suite à des applications répétées (Satkofsky, 2002).

La définition d'un plastique biodégradable est plus spécifique. Ce plastique se dégrade sous l'action des microorganismes. Les plastiques biodégradables ne contiennent pas de polyéthylène et subissent une biodégradation complète. Ils sont composés d'acide polylactique (PLA), de polyesters aliphatiques, de polyesters contenant des fonctions amides, de copolymères d'amidon, etc. Ils subissent une dégradation biologique au cours du compostage et se transforment en dioxyde de carbone, en eau, en composés inorganiques et en biomasse. Le plastique compostable est compostable sous des conditions de compostage. Il ne laisse aucun résidu visible ou toxique. Dans ce rapport, le terme « dégradable » est utilisé pour tous les sacs bien que certains ne contiennent pas de polyéthylène et soient compostables.

Plusieurs organismes ont élaboré des normes afin de qualifier les plastiques biodégradables ou compostables. L'ASTM propose une démarche permettant d'évaluer la biodégradation en se basant sur la production de CO₂. Elle comprend

également des essais de compostage en laboratoire et à l'échelle pilote, de même que des essais à grande échelle. Cette norme établit que les matériaux sont compostables dans des installations industrielles et municipales et que la dégradation des plastiques ne diminue pas la qualité du compost. Le USCC (US Composting Council) et le BPI (Biodegradable Products Institute) ont mis sur pied un programme de certification basé sur cette norme. Lorsqu'un sac répond aux critères, la compagnie peut apposer un logo certifiant que le sac respecte la norme ASTM D6400-99. Le sac de la compagnie Biocorp possède ce logo.

En Europe, d'autres programmes de certification ont été développés, comme par exemple le logo « OK compost » qui garantit que le produit est entièrement compostable. Le sac de la compagnie Polar Gruppen possède ce logo.

3.1.2 Types de sacs

Au début des années 80, les premiers sacs dégradables ont fait leur apparition sur le marché. Au cours du compostage, ces sacs se fragmentaient mais ne se minéralisaient pas et des fragments demeuraient dans le compost. Par la suite, au milieu des années 90, une nouvelle génération de sacs en polymères biodégradables a fait son apparition. Ces polymères faisaient partie de deux (2) catégories : les biopolymères (résines naturelles faites de ressources renouvelables) et les polymères synthétiques à base de produits pétroliers biodégradables et de polymères de polyester et polyéthylène. Les sacs fabriqués étaient pour la plupart composés d'un mélange de polymères naturels et synthétiques. Selon les fabricants, les composantes synthétiques conféraient aux sacs les propriétés résistantes (Satkofsky, 2002).

Au niveau des fabricants et des fournisseurs de sacs, des recherches ont été effectuées dans des répertoires provenant de sept (7) pays (Allemagne, Angleterre, Belgique, Canada, États-Unis, Italie et Suisse). Ces répertoires contenaient peu d'entreprises en lien direct avec la fabrication ou la distribution de sacs dégradables. Des répertoires spécialisés ont donc été consultés dans lesquels une vingtaine d'entreprises ont été identifiées. De plus, une fouille exhaustive dans différents sites sur Internet nous a permis de trouver d'autres entreprises qui s'affichent comme étant fournisseurs de sacs dégradables et de confirmer nos résultats de recherche dans les répertoires spécialisés.

Ces entreprises ont été contactées par téléphone, par télécopieur ou par courrier électronique afin d'obtenir plus d'information sur leur produit. Étonnamment, un nombre restreint d'entreprises peuvent fournir de tels types de sacs. Plusieurs travaillent présentement à développer de nouveaux matériaux qui seront disponibles dans quelques années. D'autres fabricants ont abandonné ce marché. Quelques chercheurs ont également été contactés mais leurs matériaux ne sont pas encore sur le marché. Quatre (4) fournisseurs de sacs ont été identifiés pour l'étude alors que

nous avons prévu cinq types de sac. Certains n'ont pas répondu à nos demandes, d'autres produisaient des sacs identiques à ceux que nous avons déjà choisis. Le tableau I présente la liste des compagnies identifiées et les sacs retenus sont en caractères gras.

TABLEAU I : LISTE DES FABRICANTS ET/OU FOURNISSEURS IDENTIFIÉS

Compagnie	Sac	Composition	Commentaires
BASF		ECOFLEX®	Pas importé en Amérique du Nord
Biocorp North America		Amidon de maïs et polyester (Mater-Bi™)	Le seul à détenir le logo du USCC et BPI
Bioplastics inc.			Pas de réponse
Biosystem		Amidon de maïs et polymères	Pas de réponse
Cargill Dow Polymers		Acide polylactique (NatureWorks PLA)	Ne fabrique pas de sac
Comprehensive environmental services			Pas de réponse
DuPont		Polyester, copolymère (Biomax®)	Ne fabrique pas de sac
Duro		EcoPLA	Ne produit plus
EarthShell Corporation			Ne fabrique pas de sac
Eastman		Polyester avec diacides et diols	Pas disponible en Amérique du Nord
Enpac Corporation			Ne fabrique pas de sac
Grand River Technologies		Amidon et polycaprolactone (Envar)	
Handy Bag	BIOSAC		Pas de réponse
Indaco	Bio-Solo™	Polyéthylène + activateurs	
International paper co.			Pas de réponse
Linden Group			Pas de réponse
Metabolix			Ne fabrique pas encore de sac
Novon			Pas de réponse
Novamont	Mater-Bag	Amidon de maïs et polyester (Mater-Bi™)	Développeur du Mater-Bi™
Petoskey Plastics inc.			Ne fabrique pas de sac
Planet Polymer Technologies		Résine à base de polycaprolactone (EnviroPlastic® C)	Ne fabrique pas de sac

Compagnie	Sac	Composition	Commentaires
Plactics Solutions Inc.	ECOSAFE	Polyéthylène + additifs (DCP™)	
Plasti Roll			Pas de réponse
Polar Gruppen	BioBag	Amidon de maïs et polyester (Mater-Bi™)	Possède le logo « OK Compost »
Prescott Paper Products			Sacs de papier
Ralston		Polyéthylène + additifs (DCP™)	
Resourceful Bag and Tag Co.			Ne fabrique pas encore de sac
Saplex	Compost	Amidon de maïs et polyester (Mater-Bi™)	Pas de réponse
Showa Highpolymer		Polyester aliphatique (Bionelle®)	Disponible au Japon seulement
Smurfit-Stone			Pas de réponse
Sopamii			En fabrique mais par de réponse
Technicoat	Technobag	Polyéthylène + additifs (DCP™)	Ne produit plus
Virosac	Biosac	Amidon de maïs et polyester (Mater-Bi™)	
VIVADOUR		Vegemat (maïs)	Produit depuis janvier 2001

3.1.3 Les freins à l'utilisation de sacs biodégradables et les avantages

Les principaux obstacles à l'utilisation à grande échelle des sacs dégradables sont tout d'abord les coûts. Ce type de sac est beaucoup plus cher qu'un sac conventionnel. Les prix varient énormément d'une compagnie à l'autre mais certains sacs grand format peuvent coûter près de 1 \$/sac. La disponibilité des sacs est également un facteur limitant leur utilisation. Au Québec, le réseau de distribution de ces sacs est très limité et dans plusieurs cas l'inventaire n'est pas au Québec. Il existe également certaines craintes concernant les poussières de polyéthylène contenues dans les composts où des sacs dégradables à base de polyéthylène ont été utilisés. Ces minuscules débris vont se minéraliser lentement mais demeurer un certain temps dans le sol. Ce produit est inerte et ne devrait pas entraîner d'inconvénients (Satkofsky, 2002). Toutefois, à notre connaissance, aucune étude n'a été effectuée sur les effets des applications répétées de compost contenant de telles particules.

La collecte présente certains défis. La participation doit être totale afin de ne pas retrouver aux sites de compostage des sacs conventionnels et des sacs dégradables.

Au niveau des sites de compostage, la présence de sacs dégradables plutôt que des sacs conventionnels pourrait représenter une économie considérable. On peut penser à une diminution importante des coûts de transport et d'élimination des rejets, des coûts de désensachage, sans compter la plus grande quantité de compost à mettre en marché et un meilleur prix pour le compost (Tyler, 1998). Ceci devrait résulter en une diminution des tarifs d'entrée aux sites de compostage. Au-delà des économies aux sites de compostage, l'utilisation de sacs dégradables devrait entraîner une meilleure participation des citoyens aux programmes de collecte des résidus putrescibles, donc favoriser l'atteinte des objectifs de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008.

3.2 CARACTÉRISATION DES SACS

L'analyse globale des sacs a permis d'identifier les composantes de chacun, les additifs, les éléments traces et les agents de charge. Les tableaux suivants présentent les résultats de cette caractérisation.

TABLEAU II : PRINCIPALES COMPOSANTES, ADDITIFS ET AGENTS DE CHARGE DES SACS RETENUS

Types de sacs	Principales composantes	Additifs solubles	Agents de charge
Ralston	Polyéthylène + composante inconnue	Polyester	Carbonate de calcium
Biocorp (grand format)	Amidon et polyester	Polyvinyl acétate partiellement hydrolysé	Silice ou silicate
Biocorp (petit format)	Amidon et polyester	Polyester	Silice ou silicate
Polar Gruppen (grand format)	Amidon et polyester	Acide polylactique	Silice ou silicate
Polar Gruppen (petit format)	Amidon et polyester	Acétate de polyvinyl partiellement hydrolysé	Silice ou silicate
Indaco (grand format)	Polyéthylène + composante inconnue	Copolymère éthylène-vinyl acétate	Carbonate de calcium
Indaco (petit format)	Polyéthylène + composante inconnue	Aucun additif soluble	Carbonate de calcium
Conventionnel (grand format)	Polyéthylène + composante inconnue	Additif inconnu	Silicate
Conventionnel (petit format)	Copolymère éthylène/propylène	Additif inconnu	Carbonate de calcium + silicate

Les sacs Biocorp et Polar Gruppen ne contiennent pas de polyéthylène et sont des sacs étant certifiés « compostables ». Les sacs Indaco et Ralston sont à base de

polyéthylène et sont considérés comme étant dégradables, au sens de la norme ASTM.

TABLEAU III : ÉLÉMENTS TRACES DANS LES SACS RETENUS

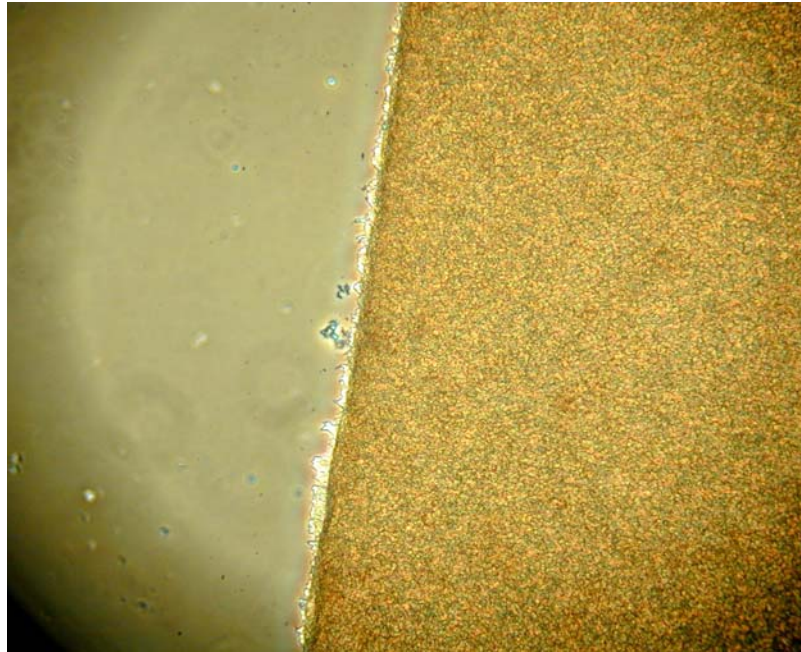
Éléments traces											
Type de sac	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Ralston	< 1,8	< 1,5	2557	228	44,67	< 0,02	<0,07	1,63	943	<2,8	11,64
Biocorp (grand format)	< 1,8	< 1,5	0,17	0,09	0,2	< 0,02	<0,07	0,18	<0,12	<2,8	0,34
Biocorp (petit format)	< 1,8	< 1,5	<0,16	0,15	3,68	< 0,02	<0,07	<0,11	<0,12	<2,8	0,15
Polar Gruppen (grand format)	< 1,8	< 1,5	<0,16	0,05	10,64	< 0,02	0,17	<0,11	<0,12	<2,8	0,33
Polar Gruppen (petit format)	< 1,8	< 1,5	<0,16	0,07	8,48	< 0,02	0,21	<0,11	<0,12	<2,8	0,84
Indaco (grand format)	2,54	< 1,5	1842	6,54	2,77	< 0,02	0,82	9,21	1,44	<2,8	12,12
Indaco (petit format)	1,78	< 1,5	1838	7,05	1,14	< 0,02	0,35	5,62	0,67	<2,8	53,31
Conventionnel (grand format)	< 1,8	< 1,5	4,76	13,31	18,20	< 0,02	1,12	0,58	54,95	<2,8	77,41
Conventionnel (petit format)	< 1,8	< 1,5	0,85	0,20	< 0,1	< 0,02	<0,07	0,13	<0,12	<2,8	3,51

Le cobalt et le chrome contenus dans le sac Ralston proviennent probablement des pigments utilisés pour colorer le sac. Toutefois, le plomb de ce sac, de même que le cobalt dans les sacs Indaco sont de provenance inconnue.

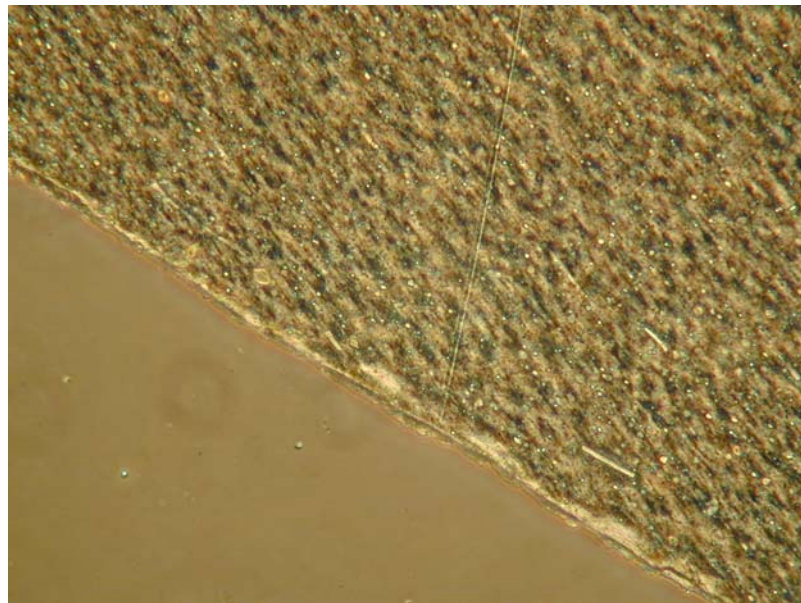
3.3 ESSAIS D'ENTREPOSAGE

3.3.1 Intérieur

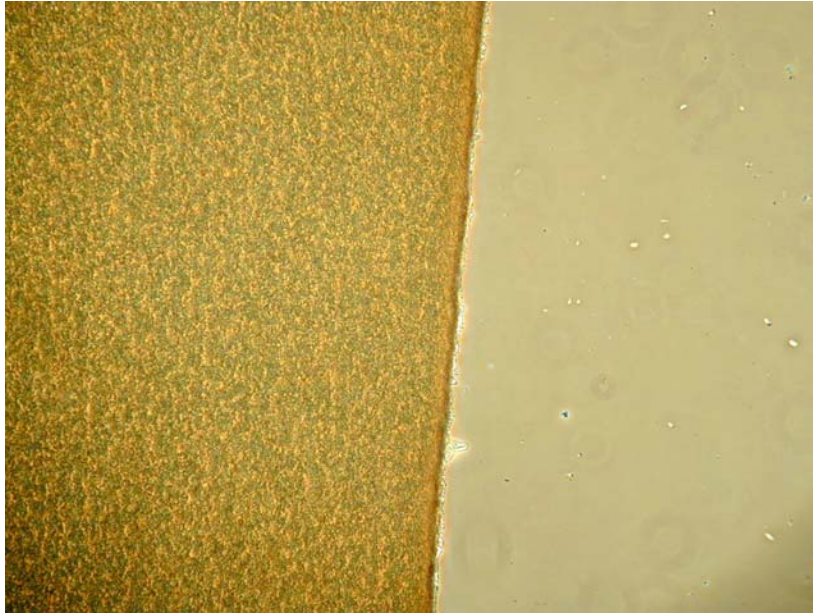
L'entreposage à l'intérieur s'est déroulé entre le 23 août et le 22 octobre 2001. Les observations effectuées au microscope n'ont pas permis de constater de différence au niveau des films plastiques avant et après la période d'entreposage. La durée de l'entreposage a été prolongée jusqu'en janvier 2002 afin de tenter d'obtenir des photographies montrant une certaine dégradation mais sans succès. Les photographies suivantes représentent donc les sacs au temps zéro (T=0).



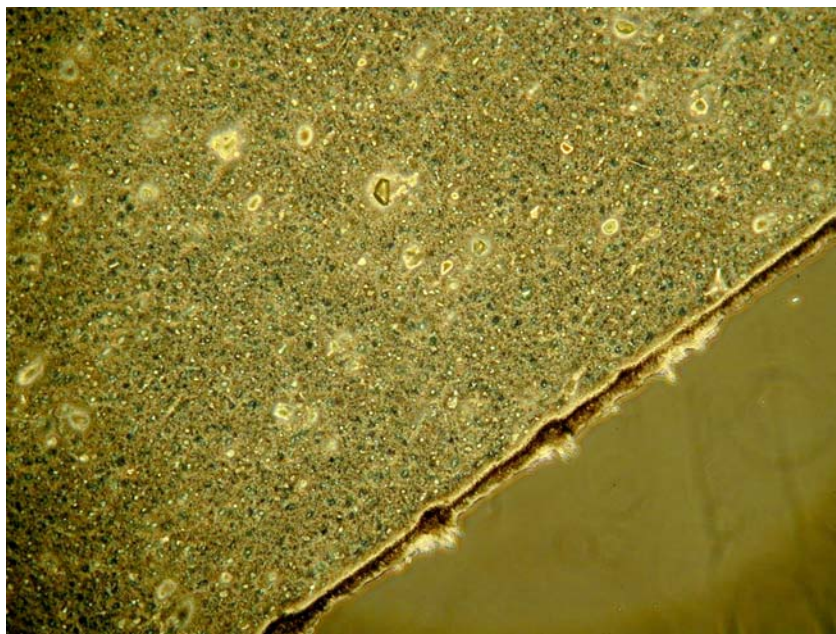
Photographie 2 : Sac Biocorp agrandi 100 fois à T=0



Photographie 3 : Sac Ralston agrandi 100 fois à T=0



Photographie 4 : Sac Polar Gruppen agrandi 100 fois à T=0



Photographie 5 : Sac Indaco agrandi 100 fois à T=0

Il n'y a pas eu de dégradation visible au microscope au cours de l'entreposage à la lumière ou à la noirceur. Même en agrandissant 400 fois, aucune différence n'a été notée au niveau des structures.

En ce qui concerne les analyses infrarouges, la durée d'entreposage a été prolongée jusqu'à trois (3) mois. Les analyses ont été effectuées au départ (T=0), à six (6) semaines et à douze (12) semaines. Après six (6) semaines d'entreposage en présence ou absence de lumière, aucune dégradation n'a été détectée. Les spectres étaient identiques à ceux de départ. À douze (12) semaines, seul le sac Ralston entreposé à la lumière avait subi une dégradation perceptible. L'échelle utilisée pour définir le degré de dégradation est la suivante :

- Aucune dégradation : 1
- Légère dégradation : 2
- Dégradation moyenne : 3
- Forte dégradation : 4

Le sac Ralston entreposé à la lumière a subi une dégradation d'ordre trois après douze (12) semaines d'entreposage. Évidemment, le sac conventionnel n'a subi aucune dégradation au cours de cette période.

Les tests de résistance utilisant un poids de 20 kilogrammes se sont déroulés sur une période de dix (10) semaines. Les sacs se sont en général bien comportés tout au long des essais. Le sac Biocorp a eu un comportement similaire à chaque essai en s'étirant mais en résistant, tout comme le sac Ralston. Le sac Polar Gruppen a résisté sans s'étirer et le sac Indaco a résisté jusqu'à la dixième semaine où il s'est fendu instantanément. Le fait que le sac soit entreposé à la lumière ou à la noirceur n'a rien changé au niveau des résultats.

Au niveau des odeurs, seul le sac Ralston a dégagé après deux (2) mois d'entreposage et ce, autant à la lumière qu'à la noirceur. Les couleurs des sacs sont demeurées intactes tout au long des essais.

3.3.2 Extérieur

Les essais d'entreposage à l'extérieur se sont déroulés du 2 au 15 août 2001 et du 21 février au 6 mars 2002. L'essai du mois d'août 2001 a été effectué avec des sacs d'herbe (grand format) et de déchets de table (petit format). Il a été facile de récupérer de l'herbe de tonte pour les essais mais nous n'avons pu recueillir suffisamment de déchets de table. Les déchets d'une cafétéria ont été collectés mais le volume de matière putrescible était beaucoup trop petit pour justifier le triage des déchets. Des

fruits et légumes ont donc été récupérés dans une épicerie, de même que des pelures de pommes de terre chez un fournisseur de légumes préparés. Les essais ont été effectués en duplicata, il y avait donc au total 18 sacs : Indaco - format cuisine (2) et grand format (2), Polar Gruppen – format cuisine (2) et grand format (2), Biocorp – format cuisine (2) et grand format (2), conventionnel – format cuisine (2) et grand format (2) et le sac Ralston – format cuisine (2) car nous ne disposions plus de grand format.

Nous avons procédé de façon quotidienne au test de résistance qui consiste à soulever un des deux sacs à un (1) mètre et à le laisser tomber au sol à deux reprises. Un seul des deux sacs a subi ce test afin de vérifier le comportement des sacs lorsqu'ils sont statiques. Lors des cinq premiers jours, tous les sacs ont résisté. Le sixième jour, parmi les sacs contenant des fruits et légumes, seul le sac Polar Gruppen et le sac conventionnel ont résisté. Les trois autres sacs ont fendu. Il en a été de même pour les sacs contenant de l'herbe. Ce n'est qu'après onze (11) jours que le sac Polar Gruppen contenant des fruits et légumes a perforé, alors que celui contenant de l'herbe ainsi que les sacs conventionnels ont résisté. Après deux (2) semaines, ce sac contenant de l'herbe était toujours intacte, de même que les sacs conventionnels. Tous les sacs n'ayant pas été soulevés étaient fendus après 14 jours sauf le sac Polar Gruppen contenant de l'herbe.

Au cours de cette période, la température moyenne s'est maintenue pour la majeure partie du temps au-dessus des 20 °C et les précipitations ont été de 16 mm.



Photographie 6 : Vue d'ensemble des sacs entreposés à l'extérieur



Photographie 7 : Vue d'ensemble après sept (7) jours d'entreposage

Pour ce qui est de l'entreposage hivernal, des déchets de table ont été recueillis auprès de collègues de travail pour effectuer ce test. Tous les sacs ont résisté au cours des deux (2) semaines d'entreposage. Les sacs gèlent et collent aux matières. La température s'est en tout temps maintenue inférieure à 0 °C.

3.4 SUIVI DE LA VITESSE DE DÉGRADATION

Au niveau des sacs Ralston, il semble que les sacs non déchiquetés se soient dégradés plus rapidement que les sacs déchiquetés. En ce qui concerne les sacs Biocorp, ils ont été difficilement repérables dans les andains. Le tableau suivant résume les résultats de l'analyse infrarouge des sacs échantillonnés à divers moments par rapport au sac à l'état brut, toujours selon la même échelle.

TABLEAU IV : DEGRÉ DE DÉGRADATION DES SACS EN COURS DE COMPOSTAGE

Type de sac	Degré de dégradation			
	2 semaines	1 mois	2 mois	Final
Ralston déchiqueté	2	2	Aucun sac retrouvé	Aucun sac retrouvé
Ralston non déchiqueté	3	3,5	Aucun sac retrouvé	Aucun sac retrouvé
Biocorp déchiqueté	Aucun sac retrouvé	Aucun sac retrouvé	Aucun sac retrouvé	Aucun sac retrouvé
Biocorp non déchiqueté	1	Aucun sac retrouvé	Aucun sac retrouvé	Aucun sac retrouvé

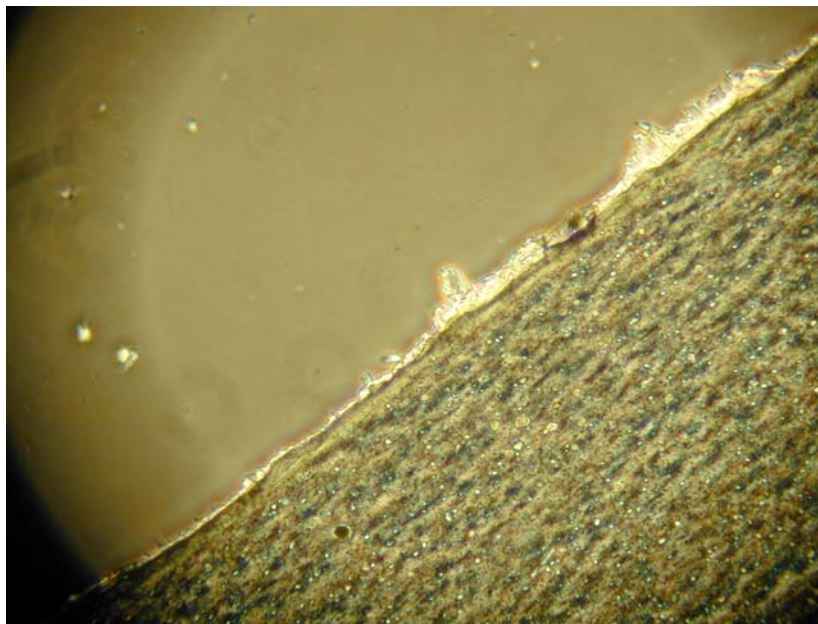
Les sacs Ralston, dans l'andain où ils étaient déchiquetés à l'aide du godet ALLU, ont présenté une dégradation légère par rapport au sac brut après deux (2) semaines et un (1) mois. À deux (2) mois, aucun sac n'était visible dans l'andain. Toutefois, les sacs non déchiquetés ont présenté une dégradation moyenne après deux (2) semaines et entre moyenne et forte après un (1) mois dans l'andain pour également ne plus être visible après deux (2) mois. Les sacs qui n'ont pas été ouvert mécaniquement se sont donc dégradés plus rapidement que ceux ouverts par le godet. Ceci peut probablement s'expliquer par le fait que la matière organique est demeurée plus longtemps à l'intérieur des sacs non déchiquetés et que ce contact intime avec les matières putrescibles, donc avec un milieu très humide, a permis aux sacs une dégradation plus rapide. Après deux (2) mois de compostage et à la fin du processus, aucun sac n'a été repéré à l'œil nu dans les andains.

Au niveau des sacs Biocorp, les sacs déchiquetés étaient difficilement identifiables dès le départ. Effectivement, aucun sac n'a été retrouvé dans l'andain. Les sacs non déchiquetés ont été échantillonnés une seule fois à deux (2) semaines et ne présentaient pas de dégradation à l'infrarouge. Par la suite, aucun sac n'a été retrouvé. La photographie suivante montre le sac échantillonné après deux (2) semaines dans l'andain.

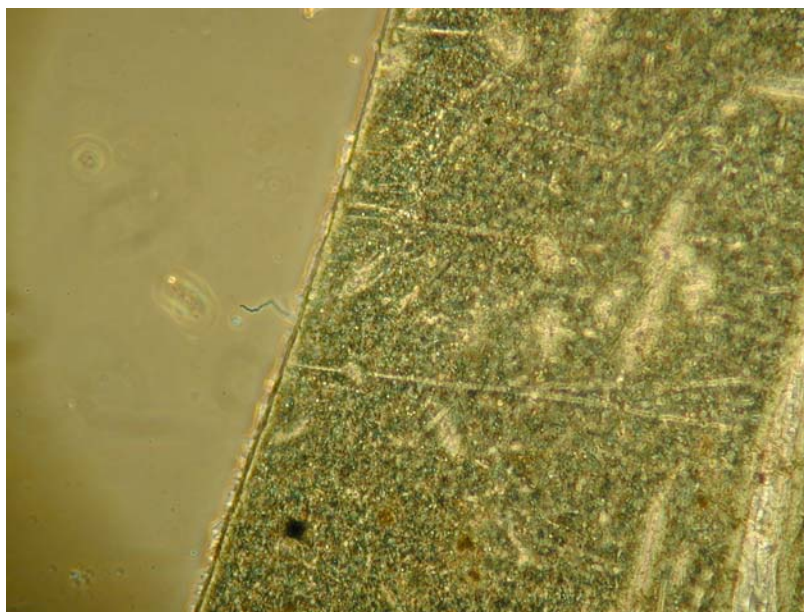


Photographie 8 : Sac Biocorp après deux (2) semaines dans l'andain

Des photographies au microscope ont également été faites sur les sacs échantillonnés dans les andains. Cette fois, des différences entre les structures sont visibles. Dans le cas des sacs Ralston qui ont été déchiquetés, les photographies suivantes présentent le sac à l'état brut et après deux (2) semaines dans l'andain.

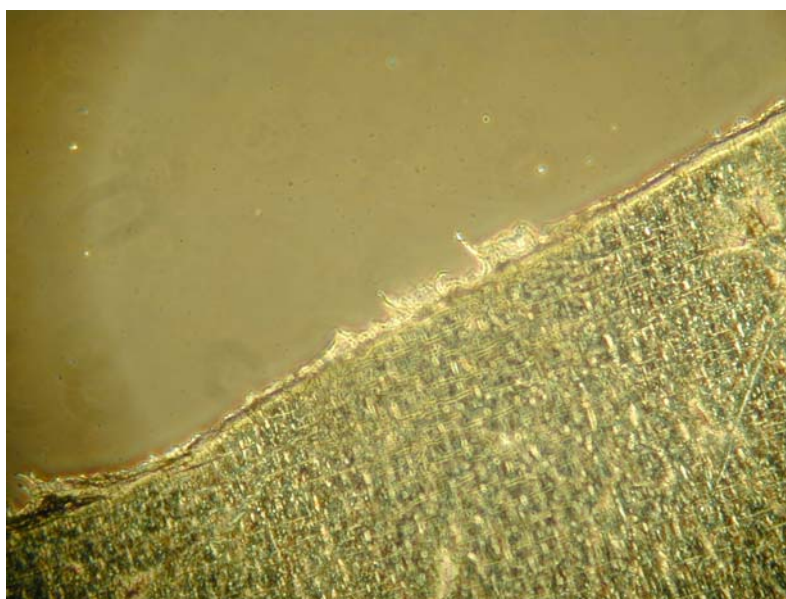


Photographie 9 : Sac Ralston à l'état brut agrandi 100 fois

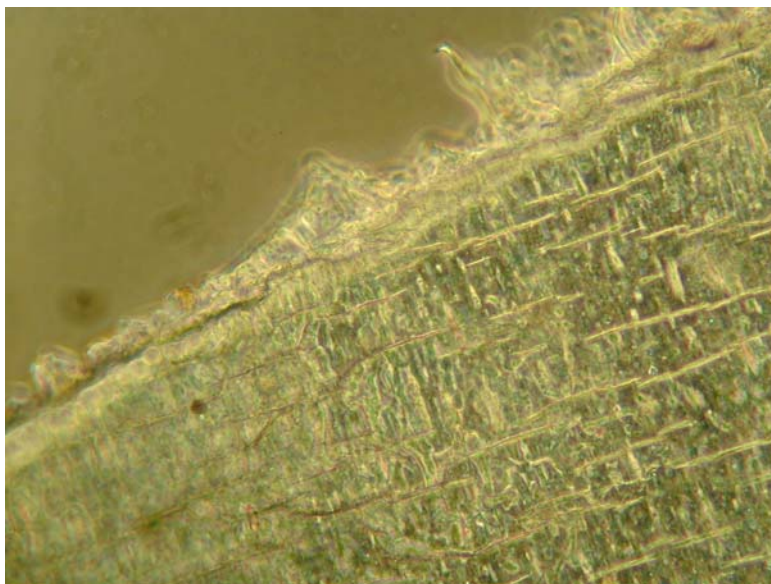


Photographie 10 : Sac Ralston déchiqueté après deux (2) semaines dans l'andain agrandi 100 fois

On peut constater une différence dans la structure physique du sac. La photographie suivante présente un échantillon après un (1) mois de compostage.



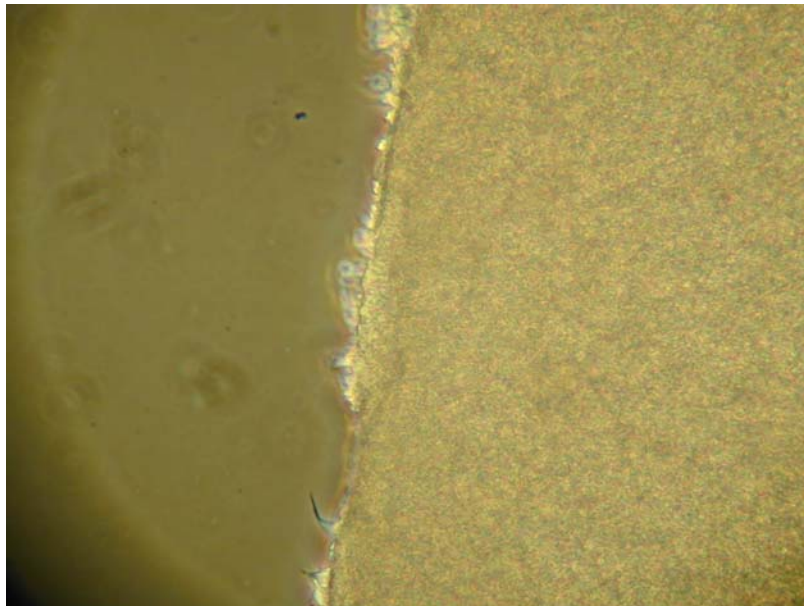
Photographie 11 : Sac Ralston déchiqueté après un (1) mois dans l'andain agrandi 100 fois



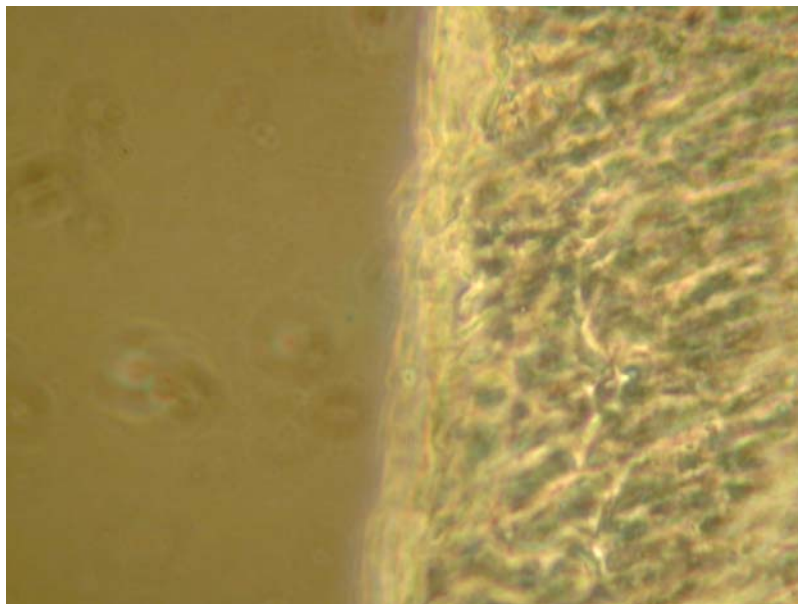
Photographie 12 : Sac Ralston déchiqueté après un (1) mois dans l'andain agrandi 400 fois

Dans le cas des sacs Ralston non déchiquetés, de telles différences au niveau de la structure ne sont pas visibles au microscope. Ce qui semble pour le moins étonnant, c'est que la structure physique est modifiée de façon plus importante dans le cas des sacs déchiquetés alors que la structure chimique est plus altérée sur les sacs non déchiquetés. Probablement que le contact plus intime entre la matière putrescible et les sacs non déchiquetés a favorisé davantage la dégradation chimique alors que les sacs déchiquetés ont subi plus de contraintes physiques. De toute façon, et c'est une des choses qui étaient à vérifier dans ce projet, que les sacs soient déchiquetés ou non, ils se dégradent au cours du processus de compostage.

Du côté des sacs Biocorp, le seul sac échantillonné après deux (2) semaines présente des signes de dégradation physique. Les photographies suivantes montrent le sac brut et le sac échantillonné.



Photographie 13 : Sac Biocorp à l'état brut agrandi 400 fois



Photographie 14 : Sac Biocorp non déchiqueté après deux (2) semaines dans l'andain agrandi 400 fois

3.5 SUIVI DES COMPOSTS

Les composts provenant des quatre types d'andains ont fait l'objet d'un suivi temporel au niveau de la teneur en eau, de la matière organique, du rapport C/N et du taux d'assimilation d'oxygène. Ce suivi a été effectué afin de pouvoir plus facilement diagnostiquer ou expliquer d'éventuels problèmes lors du compostage. Les composts ont été analysés au temps zéro, à un (1), deux (2), trois (3) mois et lors du tamisage final qui a été à six (6) mois dans le cas des composts Ralston déchiqueté et non déchiqueté et Biocorp déchiqueté et à quatre (4) mois pour le compost Biocorp non déchiqueté. L'ensemble des paramètres de la norme CAN/BNQ 0413-200/97 ont été déterminés sur les composts matures. Comme en font foi les suivis de températures effectués sur les sites mais non présentés ici, le compostage s'est bien déroulé.

Les figures suivantes présentent l'évolution des différents paramètres analysés, de même que la caractérisation des composts selon la norme. Les composts sont identifiés par le type de sac qu'il contenait, déchiqueté ou non.

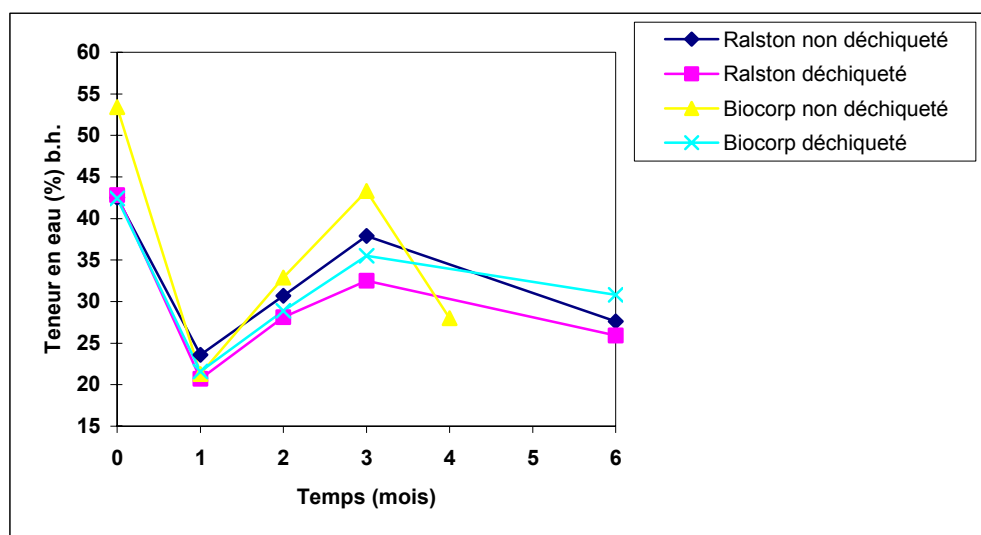


Figure 3 : Évolution de la teneur en eau des composts

De façon globale, la teneur en eau des quatre (4) composts a diminué au cours du temps. Le compostage ayant été effectué sur aire ouverte, la fluctuation des teneurs en eau est normale. Dans tous les cas, elle s'est maintenue plutôt basse mais ces valeurs n'ont pas mis en péril le processus de compostage.

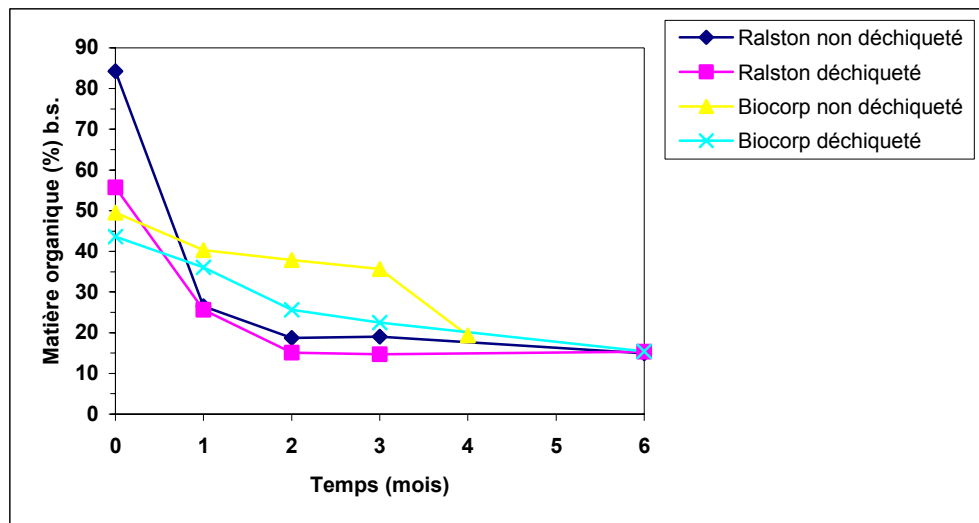


Figure 4 : Évolution de la matière organique des composts

La teneur en matière organique des composts a diminué de façon importante, en raison de la nature du sol en place aux sites de compostage.

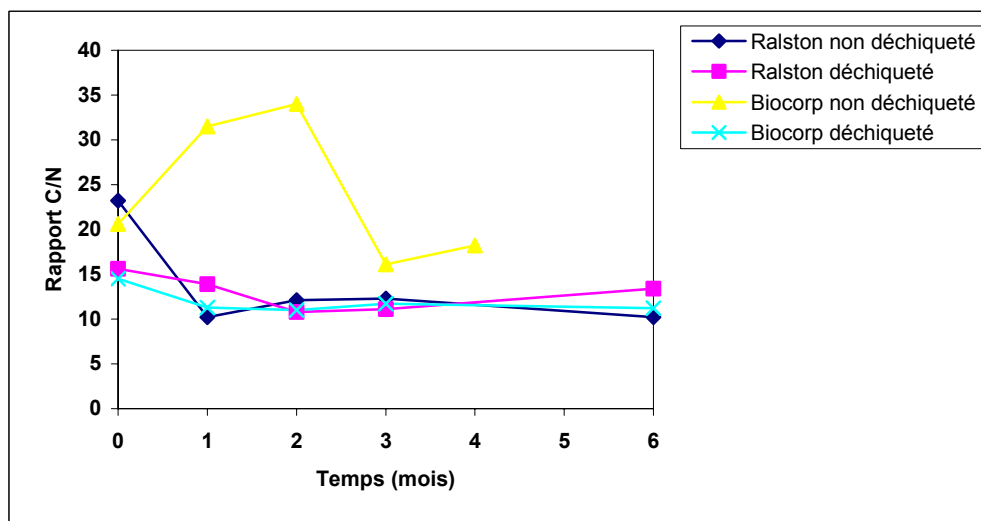


Figure 5 : Évolution du rapport C/N des composts

Le rapport C/N des matières était plutôt bas dès le départ et a légèrement diminué en cours de compostage.

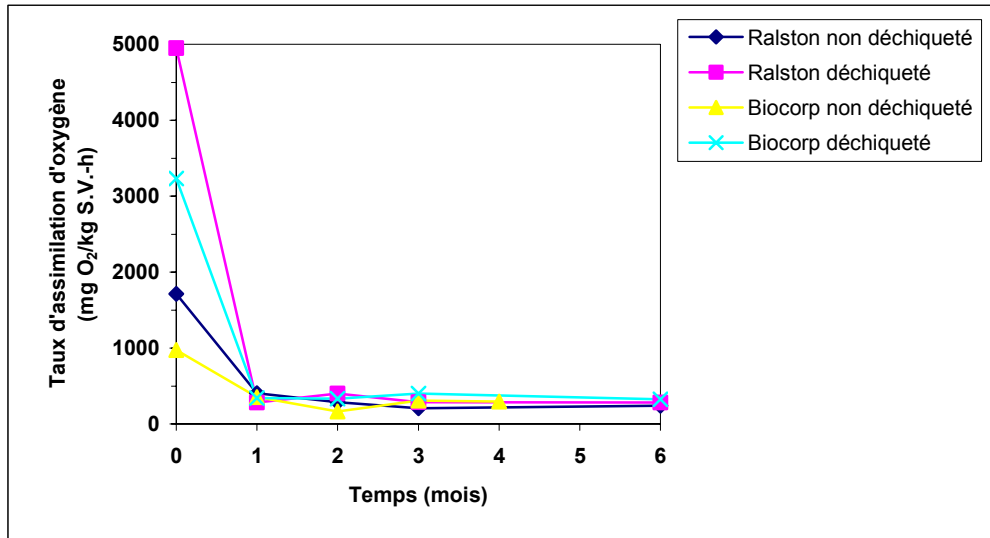


Figure 6 : Évolution du taux d'assimilation d'oxygène des composts

Les matières putrescibles d'origines domestique et urbaine sont hautement fermentescibles et le taux d'assimilation d'oxygène des quatre (4) composts a diminué de façon drastique dès le premier mois de compostage.

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses des paramètres de la norme CAN/BNQ 0413-200/97 sur les composts matures.

TABLEAU V : PARAMÈTRES DE LA NORME BNQ

Paramètres	Résultats				Critères		
	Compost « Ralston non décheté »	Compost « Ralston décheté »	Compost « Biocorp non décheté »	Compost « Biocorp décheté »	AA	A	B
Caractéristiques physiques							
Teneur en eau (%) b.h.	27,6	25,9	28,0	30,8	< 65	< 65	< 65
Matières organiques totales (%) b.s.	14,9	15,3	19,3	15,4	> 50	> 40	> 30
Corps étrangers							
Teneur (%) b.s.	0,097	0,289	0,26	0,033	≤ 0,01	≤ 0,5	≤ 1,5
Plus grande dimension (mm)	< 12,5	> 25	< 12,5	< 12,5	Max. 12,5	Max. 12,5	Max. 25
Tranchants	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
Teneur en films plastiques	0,02	0,049	0,00089	0,0005			
Caractéristiques chimiques							
Taux d'assimilation d'oxygène (mg O ₂ /kg S.V.-h)	238,7	280,8	295,2	323,5	< 500	< 500	< 500
Éléments traces (mg/kg) b.s.							
As	2,4	1,8	3,4	3,5	13,0	13,0	75
Cd	0,84	0,68	0,77	0,66	3,0	3,0	20
Co	7,6	7,21	4,38	4,92	34,0	34,0	150
Cr	62,02	50,66	72,07	67,56	210	210	1060
Cu	17,06	15,92	33,07	18,34	100	100	757
Hg	0,04	0,03	0,03	0,02	0,80	0,80	5
Mo	1,37	1,11	1,78	1,14	5,0	5,0	20
Ni	12,29	11,68	15,01	9,79	62	62	180
Pb	15,61	9,22	39,96	22,37	150	150	500
Se	0,2	0,1	0,2	0,2	2,0	2,0	14
Zn	81,24	56,9	110,58	76,71	500	500	1850
Caractéristiques biologiques							
Coliformes fécaux (NPP/g) b.s.	35	675	180	< 10	< 1000	<1000	< 1000
Salmonelles	Absence	Absence	Absence	Absence	Abs.	Abs.	Abs.

Un seul paramètre n'est pas respecté par chacun des composts. Il s'agit de la teneur en matières organiques. La nature du sol en place, de même que les feuilles et les branches auxquelles peut être associé du sable et qui ont été ajoutées aux matières putrescibles domestiques expliquent ces faibles teneurs. Au niveau de la teneur en

eau, tous les composts répondent au critère AA, tout comme les éléments traces. Le taux d'assimilation d'oxygène, les coliformes fécaux et les salmonelles sont également des critères respectés par les quatre (4) composts.

Pour ce qui est des corps étrangers, aucun objet tranchant n'a été retrouvé dans les échantillons. Tous les composts répondent au critère A pour la teneur en corps étrangers. Au niveau de leur taille, un compost est hors norme car un morceau de plastique de taille supérieure à 25 mm a été retrouvé. La teneur en films plastiques seulement a été déterminée afin d'identifier les corps étrangers provenant des sacs dégradables. Les teneurs sont extrêmement faibles.

Dans l'ensemble, ces composts sont de bonne qualité et peuvent être utilisés sans restriction.

3.6 ESSAIS DE GERMINATION ET CROISSANCE

Les composts produits ont très bien réussi ce test de phytotoxicité. Les graines de cresson et de radis ont aussi bien sinon mieux germé dans les mélanges compost/sol témoin que dans le sol témoin seulement. Le tableau suivant présente les taux de germination des deux (2) espèces dans les différents substrats.

TABLEAU VI : TAUX DE GERMINATION

Échantillon testé	Taux de germination (%)	
	Radis	Cresson
Sol témoin	100	28,6
Compost « Ralston non déchiqueté »	100	28,6
Compost « Ralston déchiqueté »	100	39,3
Compost « Biocorp non déchiqueté »	100	64,3
Compost « Biocorp déchiqueté »	100	50,0

Les taux de germination ont été pondérés en fonction du taux garanti lors de l'achat des graines. Le radis avait un taux de germination garanti de 98 % alors que celui du cresson était de 70 % seulement. La germination a été plutôt faible au niveau du cresson même avec le témoin.

Le tableau suivant présente la moyenne des poids frais des plantes après 14 jours de croissance. Les poids indiqués représentent le poids total des plants divisé par le nombre de plants.

TABLEAU VII : POIDS FRAIS MOYEN DES PLANTS

Échantillon testé	Poids frais moyen des plants (mg)	
	Radis	Cresson
Sol témoin	183,1	9,25
Compost « Ralston non décheté »	955,8	170,6
Compost « Ralston décheté »	1121,8	184,5
Compost « Biocorp non décheté »	555,5	152,3
Compost « Biocorp décheté »	954	183,3

Le poids frais moyen de chaque plant provenant des mélanges compost/sol témoin est très supérieur au poids moyen des plants ayant eu uniquement le sol témoin comme substrat de croissance.

4. CONCLUSION

Au niveau des tests de résistance, il semble que le sac grand format de la compagnie Polar Gruppen soit le plus résistant lors de l'entreposage extérieur, ce qui est une qualité très importante dans le cas de l'herbe de tonte. Lors de l'entreposage à l'intérieur, le sac qui s'est avéré être le moins résistant est le sac Indaco, qui ne doit pas être entreposé pour une longue période avant utilisation.

La qualité des composts produits est très bonne. Même si certains éléments traces se retrouvaient dans les sacs, les composts en contiennent très peu et contiennent également très peu de résidus de plastique. Que les sacs contiennent ou non du polyéthylène, les résidus de sacs sont minimes dans le compost fini. Même les rejets de tamisage en contenaient très peu.

L'utilisation de sacs dégradables semble un succès au niveau de la participation des citoyens, de la collecte, du compostage et de la qualité du compost produit. Il s'agit d'un complément aux contenants de collecte qui pourrait faire en sorte de diminuer sensiblement les inconvénients reliés à la présence de films plastiques non dégradables dans les matières premières et dans le compost. De plus, l'atteinte des objectifs gouvernementaux ne peut qu'être facilitée par l'utilisation de ce type de sac.

5. RÉFÉRENCES

Satkofsky, A. (2002). *The status of degradable plastics for composting*. *Biocycle* 43 (3) : 60-67.

American Society for Testing and Materials. (1999). *ASTM D 6400-99 Standard Specification for Compostable Plastics*.

Tyler, R. (1998). *What does plastic cost a yard trimmings composter?*. *Biocycle* 39 (3).