

Partie 1:
Modes de production et de consommation durables

RAPPORT FINAL
ANNEXES



DEVELOPPEMENT DURABLE ET RESSOURCES RENOUVELABLES

CP/45

H.N. Rabetafika, M. Paquot – FUSAGx
L. Janssens, A. Castiaux – FUNDP
H.N. Rabetafika, Ph. Dubois - UMH

Contrats de recherche n°
CP/16/451
CP/13/452
CP/14/453

Janvier 2006



D/2006/XXXX/XX [*Champ réservé à la Politique scientifique fédérale*]

Publié en 2006 par la Politique scientifique fédérale

Rue de la Science 8

B-1000 Bruxelles

Belgique

Tel: +32 (0)2 238 34 11 – Fax: +32 (0)2 230 59 12

<http://www.belspo.be>

Personne de contact:

Mme Marie-Carmen Bex

Secrétariat: +32 (0)2 238 34 80

La Politique scientifique fédérale ainsi que toute personne agissant en son nom ne peuvent être tenus pour responsables de l'éventuelle utilisation qui serait faite des informations qui suivent. Les auteurs sont responsables du contenu.

Cette publication ne peut ni être reproduite, même partiellement, ni stockée dans un système de récupération ni transmise sous aucune forme ou par aucun moyens électronique, mécanique, photocopies, enregistrement ou autres sans y avoir indiqué la référence.

TABLE DES MATIERES

ANNEXES.....	1
I. LISTE DES TABLEAUX	1
Tableau 1A : Applications industrielles de l'amidon (site de www.roquette.fr/)	1
Tableau 2A : Les secteurs d'applications des huiles et leurs dérivés (Mouret S., 2000) ...	1
Tableau 3A : Les matières premières issues des ressources renouvelables d'origine végétale et leurs utilisations.....	2
Tableau 4A : Applications potentielles des polymères à base de protéine de soja (www.agr.gc.ca/misb/spec/bio/pdf/textiles_f.pdf)	11
Tableau 5A: Les classes de tensioactifs, les propriétés et leurs applications.....	12
Tableau 6A : Les tensioactifs d'origine végétale	15
Tableau 7A : Relevé des produits de vaisselle à la main et shampoings.....	16
Tableau 8A : Quelques tensioactifs d'origine renouvelable dans les formulations shampoings.....	24
Tableau 10A : Les polymères biodégradables, les applications et leurs producteurs...	26
Tableau 11A: Applications emballages films et sacs à base de MATER-BI et Natureworks	28
Tableau 12A : Liste des firmes interviewées	28
Tableau 15A : Comparaison des Analyses de cycle de vie de films à base de MATER-BI et de PE.....	29
II. LISTE DES FIGURES	31
Figure 1A : Répartition géographique des agriculteurs interrogés	31
Figure 3A : Synthèse de AES	32
Figure 4A : Étapes de production des alcools gras ethoxylés	33
Figure 5A : Schéma de production d'alkylpolyglycosides	34
Figure 6A : Schéma de production des alkylglucamides.....	34
Figure 7A : Schéma de production de polylactides	35
Figure 8A : Schéma de production des polymères à base d'amidon.....	35
Figure 9A : Production de polycaprolactone.....	36
Figure 10A : Schéma de production de Polybutylène Succinate.....	36
Figure 11A : Cartographie des points de prélèvement et les valeurs des tensions de surface	37
III. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE	38
1A. EXEMPLE DE FORMULATIONS DE PRODUITS VAISSELLES À LA MAIN ET SHAMPOOINGS.....	38
2A. LES DIFFERENTS TYPES DE POLYMERES	39
3A. LES CARACTÉRISTIQUES DES POLYMÈRES.....	41
4A. QUESTIONNAIRE À DESTINATION DES AGRICULTEURS.....	42
5A. GUIDE D'ENTRETIEN POUR LES ENTREPRISES	47
6A. QUESTIONNAIRE À DESTINATION DES CONSOMMATEURS.....	55
7A. ÉTUDE SUR LES DÉTERGENTS À BASE D'INGRÉDIENTS ISSUS DE PLANTES.....	61
8A. LES NORMES ET TESTS DE BIODÉGRADATION DES TENSIOACTIFS.....	71
9A. LES TESTS DE CONTRÔLE DE LA BIODÉGRADATION DES POLYMÈRES.....	73
10A. LES VOIES DE BIODÉGRADATION DES TENSIOACTIFS	75
11A. LA DÉGRADATION DES POLYMÈRES	77
12A. LA NORME EN 13432.....	80
13A. ANALYSE DE CYCLE DE VIE	80
14A. ANALYSE DES ACV DISPONIBLES SUR LES POLYMÈRES À BASE D'AMIDON (MATER-BI) ET LE PLA (NATUREWORKS)	82
15A. ANALYSE DE CYCLE DE VIE DES SURFACTANTS.....	92
16A. PROTOCOLES DE MISE EN ÉVIDENCE DES TENSIOACTIFS ET DOSAGE DE LAS.....	97

Liste des abréviations

ABS: Acrylonitrile Butadiene Styrene
ACV : Analyse de Cycle de Vie
AE: Fatty Alcohol Ethoxylate
AE₃-CNO: Alcohol Ethoxylate (n EO = 3) from Coconut Oil
AE₃-Pc: Alcohol Ethoxylate (n EO = 3) from fossil
AE₃-PKO: Alcohol Ethoxylate (n EO = 3) from Palm Kernel Oil
AE₃S-Pc: Alkyl Ether Sulphate (n EO = 3) from fossil
AE₃S-PKO: Alkyl Ether Sulphate (n EO = 3) from Palm Kernel Oil
AE₇-CNO: Alcohol Ethoxylate (n EO = 7) from Coconut Oil
AE₇-Pc: Alcohol Ethoxylate (n EO = 7) from fossil
AE₇-PKO: Alcohol Ethoxylate (n EO = 7) from Palm Kernel Oil
AE₁₁-PO: Alcohol Ethoxylate (n EO = 11) from Palm Oil
AES : Alkyl Ether Sulphate
AG : Alkylglucamides
APG : Alkylpolyglycosides
APG -PKO: Alkylpolyglycosides from Palm Kernel Oil
APG-CNO: Alkylpolyglycosides from Coconut Oil
AS-CNO: Alkyl Sulphate from Coconut Oil
AS-PKO: Alkyl Sulphate from Palm Kernel Oil
AS-PO: Alkyl Sulphate from Palm oil
BCF: Bioconcentration Factor
CMC: Concentration Micellaire Critique
CRIOC: Centre de Recherche et d'Information des Organisations des Commerces
DOC: Demande en Oxygène Dissout
EC50 : Effective Concentration, 50%
GES: Gaz à effet de Serre
HLB: Hydrophile Lipophile Balance
HPLC: High Performance Liquid Chromatography
INCI: International Nomenclature Cosmetic Ingredient
INS : Institut National de Statistique
LAS Pc: Linear Alkyl Benzene Sulphonate from fossil
LAS : Linear Alkyl Benzene Sulphonate
LC50 : Lethal Concentration, 50%
LCA: Life Cycle Assessment
LDPE : Low Density Polyethylene
MBAS : Methylene Blue Active Substances
NPE: Nonylphenoethoxylate
OE: Oxyde d'éthylène
OECD : Organisation for Economic Co-operation and Development
PAC : Politique Agricole Commune
PBS : Polybutylène Succinate
PCL : Polycaprolactone
PET: Polyethylene Terephtalate
PGA : Polyglycolides
PHA : Polyhydroxyalcanoates
PHB : Polyhydroxybutyrates
PHV : Polyhydroxyvalérates
PLA : Polylactides
POC : Polymerisation par Ouverture de Cycle
PP : Polypropylène
PS: Polystyrene
PVA: Polyvinylalcohol
PVC : Polyvinylchlorés
SDS : Sodium Dodecyl Sulphate
SPE: Solid Phase Extraction
TA : Tensioactifs

ANNEXES

I. Liste des tableaux

Tableau 1A : Applications industrielles de l'amidon (site de www.roquette.fr/)

<p>Alimentaire Alimentation infantile Boissons Produits lactés et desserts Préparations viandes Boulangerie, pâtisserie Confiserie, soupes, marmelades</p> <p>Papier couché et carton ondulé Couchage Surfaçage Pulvérisation Masse Carton ondulé</p> <p>Traitement de surface, détergence Verre, métaux, sols, fibres</p>	<p>Pharmacie et cosmétologie Cosmétologie Nutrition parentérale Pharmacie forme liquide et sèche Gants chirurgicaux Hygiène orale Confiserie pharmaceutique</p> <p>Fermentations et applications industrielles Beta-lactames, acides aminés, enzymes, vitamines, antibiotiques, acides organiques</p> <p>Colles Affichage, contre collage, étiquetage, sacherie</p>	<p>Chimie de synthèse Surfactants Résines, polyuréthanes, polyoléfines</p> <p>Agglomération, granulation Charbon, engrais, agglomération de poussières, graphite, briques, tuiles</p> <p>Constructions, forages, métallurgie Bétons, panneaux de bois, isolation, boue de forage, moulage, trempe</p> <p>Textile Apprêt, encollage</p> <p>Autres industries Piles, photographie, cuir, peinture, colorants</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 2A : Les secteurs d'applications des huiles et leurs dérivés (Mouret S., 2000)

<p>Savons et détergents Industriels et ménagers</p> <p>Santé et cosmétiques Shampooings, savons, crèmes, lotions...</p> <p>Alimentation Emulsifiants et additifs spécifiques dans les pains, gâteaux et pâtisserie, margarine, crèmes</p> <p>Alimentation animale Suppléments nutritionnels, émulsifiants dans les laits de substitution des veaux</p> <p>Electronique Isolation, vernis isolants, additifs spécifiques pour plastiques</p>	<p>Lubrifiants industriels Lubrifiants généraux et de spécialités</p> <p>Cuir Agents adoucissant et polissant</p> <p>Fonderies et travail des métaux</p> <p>Huiles de coupe</p> <p>Mines</p> <p>Flottation, agents de surface</p> <p>Peintures, traitements de surface</p> <p>Papier</p>	<p>Résines pour élimination des encres d'imprimerie</p> <p>Plastiques Plastifiants, bioplastiques, émulsifiants de polymérisation</p> <p>Imprimerie Encres d'imprimerie, impression photographique</p> <p>Agents vulcanisants et de démoulage pour production de caoutchouc</p> <p>Cires Ingrédients dans les cires de polish</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 3A : Les matières premières issues des ressources renouvelables d'origine végétale et leurs utilisations

Matières premières de base	Origine végétale	Transformation chimique/enzymatique	Matières premières intermédiaires	Applications générales	Produits finis en tensioactifs et polymères	Utilisations des tensioactifs/polymères
LES GLUCIDES						
SACCHAROSE	Betterave sucrière, canne à sucre, mélasse	→ Hydrolyse	GLUCOSE, FRUCTOSE	Alimentaire	Tensioactifs sucroesters (E473) ³ , APG ¹⁶ ...	Détergents, cosmétiques
		→ Fermentation	ACIDE LACTIQUE	Alimentaire, cosmétique, solvant, textile, papier, détergent, électronique, pharmaceutique	Poly lactides PLA (LACEA) ^{7,8,10}	Emballages, boîtiers techniques, fibres textiles, électronique, applications médicales...
		→ Fermentation	ETHANOL	Biocarburant, solvant, désinfectant		
AMIDON	Les céréales, les légumineuses, la pomme de terre...	→ Hydrolyse enzymatique et/ou modification chimique	CYCLODEXTRINES DEXTRINES MALTODEXTRINES MALTOSE, ERYTHRITOL GLUCOSE (DEXTROSE)	Alimentaires, adhésifs, textile, lubrifiant, colles, peintures	Polymères et copolymères à base d'amidon (BIOPLAST, BIOFLEX, MATER-BI, VEGEMAT, SOLANYL, PARAGON) ^{3,9,23}	Films d'emballage, sacs poubelles, films pour agriculture, couverts jetables, tees de golf, jeux
				Alimentaire, pharmaceutique	Tensioactifs* ²⁷	
				Alimentaire, pharmaceutique	Tensioactifs APG, alkylglucamides ³	Détergents, cosmétiques
		Hydrogénation	→ SORBITOL	Alimentaire, pharmaceutique, papeterie	Tensioactifs sorbitan esters (TWEEN, SPAN) ³ Polymères (polyuréthanes, polyesters...) ³ Polymères (plastifiant pour polymères) ³	Pharmaceutiques et cosmétiques Mousses et résines
		→ ETHYLENE GLYCOL, PROPYLENE GLYCOL	Solvants, encre, pharmaceutique, cosmétique ²⁰			
			→ XYLITOL → MANNITOL → MALTITOL → ERYTHORBATE	Alimentaire (édulcorant), pharmaceutique Antioxydant, pharmaceutique, forage extraction		

Matières premières de base	Origine végétale	Transformation chimique/enzymatique	Produits intermédiaires	Applications	Produits finis en tensioactifs et polymères	Utilisations polymères/tensioactifs
AMIDON		→ Hydrolyse/ Fermentation	ETHANOL	Biocarburant (ETBE, DME), solvant, désinfectant		
		→ Hydrolyse/ Fermentation	ACIDE LACTIQUE	Alimentaire, cosmétique, solvants, pharmaceutique	Polymères polylactides PLA (NATUREWORKS, PURASORB, LACEA) ^{7,8,10}	Emballages, boîtiers techniques, jouets, vaisselles, textiles...
		→ Fermentation	ACIDE-3- HYDROXYBUTYRATE		Polymères PHB, PHBV (BIOPOL) ^{1,7,9,19}	Médical, emballage
		→ Fermentation	ACIDE GLYCOLIQUE		Polymères et copolymères de PGA (VICRYL, DEXON) ^{7,8,10,11}	Médical (fil de suture, prothèse)
		→ Fermentation	ACIDE SUCCINIQUE	Alimentaire, solvant, pharmaceutique (antibiotique, vitamine) ²⁰	Polymères polyesters (BIONOLLE)	Emballage, films,...
		→ Fermentation	ACIDE GLUCONIQUE	Construction, peinture, colle, fermentation, papeterie, surfactant		
		→ Fermentation	ACIDE 3- HYDROXYPROPIONIQUE		Polymères* ²⁰	Adhésifs, revêtement
		→ Fermentation	ACIDE CITRIQUE	Alimentaire (acidifiant)		
		→ Fermentation	1,3 PROPANEDIOL	Solvants ²⁰	Polymères PTT (SORONA)	Résines, textile
		→ Fermentation	BUTANOL	Solvants, plastifiants		
		→ Fermentation	1,4 BUTANEDIOL		Polymère polybutylène téréphtalate	

Matière première de base	Origine végétale	Transformation chimique/enzymatique	Produits intermédiaires	Applications	Produits finis en polymères et tensioactifs	Utilisations Polymères/tensioactifs
CELLULOSE	Les pailles de blé et de colza, lin, chanvre, les Bois, coton, fibre,...	→ Hydrolyse → Hydrolyse + déshydratation au H ₂ SO ₄ → Nitration → Anhydride acétique → Ester d'un acide soufré → Dérivés ethers → Réaction avec oxyde d'éthylène et de propylène	CELLOBIOSE, GLUCOSE, ACIDE LEVULINIQUE NITROCELLULOSE (+ camphre) ACETATE DE CELLULOSE XANTHATE DE CELLULOSE METHYLCELLULOSE, CARBOXYMETHYLCELLULOSE, HYDROXYETHYLCELLULOSE	Textile, papeterie Plastifiant et aromatisant Cosmétique, pharmaceutique, textile, détergent ²¹	Polymères composites à fibre naturelle ⁹ Surfactants, polymères Polymères CELLULOIDE Diacétate de cellulose (BIOCETA, BIOCOPPO) ^{7,9} Polymères de cellulose (CELLOPHANE) ⁹	Garniture de voiture, jouets Jouets Emballages, jouets, pièces techniques Emballages alimentaires
HEMICELLULOSE XYLANES GLUCOMANNANES GALACTOGLUCOMANNANES	Sous produit de blé (son, paille, fibre,...), bois...	→ Hydrolyse → Fermentation → Hydrolyse acide + cyclisation	FUCOSE, GLUCOSE, GALACTOSE XYLOSE, ARABINOSE, RHAMNOSE, ACIDE URONIQUE ACIDE ITACONIQUE FURFURAL	Papeterie, pharmaceutique, agroalimentaire ³ Réactif ²⁰ Solvants	Tensioactifs pentosides d'alkyles ⁵ Polymères* ²⁰ Polymères furaniques ³	Agent moussant dans les détergents et cosmétiques Béton de résine
PECTINES	Chicorée, betterave sucrière, fruits,...	→ Hydrolyse	ACIDES GALACTURONIQUES, RHAMNOSE GALACTOSE ARABINOSE	Pharmaceutique ²⁵ , alimentaire	Tensioactifs * ⁶ Polymères ²⁶	Agriculture (film de paillage)
GOMMES VEGETALES ARABINOGALACTAN GOMMES ARABIQUES CARRAGHENANES ALGINATES	Mélèze Acacia (mimosa) Algues rouges Algues brunes Algues vertes	→ Hydrolyse	GLUCOSE, GALACTOSE, MANNOSE, RHAMNOSE, ARABINOSE, XYLOSE, ACIDE URONIQUE	Pharmaceutique, alimentaire	Tensioactifs ^{3,17} Polymères* ²⁸	Stabilisant dans l'alimentaire, cosmétique Emballages alimentaires

Matières premières de base	Origine végétale	Transformation chimique/enzymatique	Produits intermédiaires	Applications	Produits finis en polymères et tensioactifs	Utilisations polymères/tensioactifs
INULINES	Chicorée, betterave sucrière			Pharmaceutique, alimentaire	Tensioactifs (INUTEK) ⁴⁰	cosmétiques et détergents
HETEROSIDES D'ALCOOL (coniférine)	Sève des conifères	→ Oxydation	VANILLINE	Cosmétique, alimentaire		
HETEROSIDES DE PHENOL (amygdaline)	Amandes, noyaux de fruits			Pharmaceutique		
HETEROSIDES DE TERPENES (saponine)	Soapwort, soja, agave			Pharmaceutique	Tensioactifs naturels	Détergent, cosmétique
COMPOSES PHENOLIQUES	Bois, bagasse, sous-produit de papeterie	→ NaOH, Na ₂ S	Lignosulfate de Na, Kraft lignine	Papeterie ³	Polymères composites à base de lignine ⁹	Panneaux et caissons
LIGNINE		→ Oxypropylation (Réaction avec l'oxyde de propylène) → Dégradation → réaction avec la liqueur de bisulfite ou sulfate (lors du procédé de fabrication de papier)	VANILLINE LIGNOSULFONATES	Cosmétique, alimentaire	Polymères polyuréthanes* ¹ Tensioactifs (lignosulfonates) ²	Agrochimie (agent dispersant et emulsifiant dans les boues de forage pétrolières)
TANNINS FLAVONOIDES	Ecorce de pin, Mimosa...	→ + Aldéhyde	TANNIN-FORMALDEHYDES	Pharmaceutique	Polymères (résines) ³	Adhésifs
SUBERINES	Liège	→ Cuisson	FRAGMENT-POLYOL		Polymères (polyuréthanes) ³	Mousses, additifs dans les encres *

Matières premières de base	Origine végétale	Transformation chimique/enzymatique	Produits intermédiaires	Applications	Produits finis en polymères et tensioactifs	Utilisations polymères/tensioactifs
LIPIDES						
ACYLGLYCEROL (esters d'acides gras et de glycérol)	Les plantes oléagineuses (lin, colza, tournesol, ricin, coprah, coton, olive, arachide,...)	→ Hydrolyse	ACIDES GRAS (DI)MONO-GLYCERIDES	Solvants, lubrifiants, adhésifs, encres, agent de liaison, laque Solvants	Résines à base d'huile de graines de soja (ENVIREZ 5000) ⁹ , polyuréthanes, polyamides, polyesters Tensioactifs (Ester de sorbitane, savon) ³	Mousses, emballage... Détergent, cosmétique
		→ Méthanolyse	GLYCEROL ESTERS METHYLIQUES D'HUILES VEGETALES GLYCEROL	Lubrifiant* Solvants, biocarburant DIESTER ³ Plastifiant pour polymères ^{3,20}	Tensioactifs cocomonoglyceride sulfaté (CMGS) ^{14,15} Tensioactifs (esters de polyglycérol) ^{3,34,35} Plastifiant pour polymère à base d'amidon (TPS) Polyesters, polyuréthanes	Dépollution du sol, alimentaire et cosmétique Films d'emballage, sacs poubelles
PHOSPHOLIPIDES (Lécithine)	Soja, tournesol, colza				Tensioactifs naturels ³	Emulsifiant alimentaire, cosmétique, détergent
TERPENES monoterpènes (huiles essentielles) Huile de térébenthine diterpènes (acide abiétique ou colophane) tétraterpènes (colorants)	Plantes aromatiques Agrumes Bois résineux Sève de pin, « tall-oil »	→ +CO ₂ → + phenol	Huiles essentielles	Cosmétiques, pharmaceutiques ¹⁸ Polymères	Polycarbonate de terpènes Résines terpènephénoliques ³	Encre, vernis, adhésifs
		→ Estérification avec polyol (glycerol)	ESTERS DE COLOPHANE		Gomme esters, résine maléïque ³ Tensioactifs (savons)	Encre, vernis, adhésifs Emulsifiant, adoucissant
	Carotte, tomate,...			Colorants alimentaires ¹⁹		

Matières premières de base	Origine végétale	Transformation chimique/enzymatique	Produits intermédiaires	Applications	Produits finis en polymères et tensioactifs	Utilisations Polymères/tensioactifs
PROTEINES						
ALBUMINES (enzymes) GLOBULINES PROLAMINES (ZEINE) GLUTELINES (GLUTEN)	Les légumineuses (soja, pois, haricot, ...), les céréales ...	→ Hydrolyse	PEPTIDES ACIDES AMINES Bétaine Acide glutamique	Textiles, adhésifs, cosmétiques ¹⁸	Tensioactifs condensat d'acide gras et de protéine) ^{3,4,14} Polymères à base de gluten, bioplastiques composites ^{3,9} Polymères à base de zéine ^{*23} Polyaspartate (TPA) ²⁴ Polymères à base de protéine de soja ³⁰ Tensioactifs ^{*3} Tensioactif acylaminoacide (Acylglutamate) ⁴	Détergent, cosmétique (gel douche, shampooing, démaquillant) Médical (pochette soluble, capsule)* Emballage pour produits surgelés Agriculture, hygiène Adhésifs, colles, peintures Shampooing, gel douche Shampooing, gel douche

1. Liste des références bibliographiques en relation avec le tableau 3A

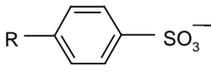
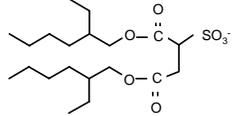
1. HATA KEYAMA HYOE et *al.*, (2002). Biobased Polymeric Materials in *Biodegradable polymers and Plastics*, chap 8 pp 103-121 Ed Emo hiellini et Roberto Solaro, 395 pages
2. SALAGER Jean-Louis, (2002). Surfactifs types et usages, *Cahier FIRP N° F300-A*, pp1-58
3. Noiret Nicolas et *al.*, (2002). La chimie des substances renouvelables, *Actualité chimique édition spéciale* n°11-12
4. Overview des produits de quelques producteurs sur site www.chemron.co ; surface.akzonobelusa.com; www.dow.com/surfactants ; www.cognis.com ; brenntag.fr ; www.stepan.com ; http://surfactants.net/
5. BERTHO J.N. et *al.*, (1997) Brevets européen n° EP 0 699 472 A1 « Procédé de préparation d'agents tensioactifs à partir de sous-produits du blé et leurs applications. Agroindustries Recherches et Développement – ARD
6. Nangniot S., (1998). Projets initié par la société ARD (Reims) cités dans « Tensioactifs et autres produits de l'industrie de la détergence : produits issus de ressources renouvelables Chimie végétale
7. CHIellini E. et *al.*, (2002). Polymers from renewable sources in *Degradable polymers, Principle and Applications* chap 7 pp 163-233 Ed Gerald Scott, 493 pages
8. MECKING Stefan, (2004), Nature or petrochemistry? Biologically Degradable Materials, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 43, 1078-1085,
9. A.M. CLARINVAL, F. MONFORT-WINDELS, (2003). Les polymères biodégradables. Documents CRIF Fév 2003.
10. Vink Erwin T.H. et *al.*, (2003). Applications of LCA to Natureworks™ polylactides (PLA) production, *Polymer Degradation and stability*, 80 (2003) 403-419
11. Brussels BIOTECH, (). Biopolymers as viable alternatives to common plastic materials. FAIR PROJECT CT97-3070: Production of biodegradable films and bottles made of polylactic acid –PLA
12. Document AGRICE, (2001). Tensioactifs et oléagineux "Etude sur les matières premières oléagineuses disponibles sur le marché européen.
13. Reddy C. et *al.*, (2003). Polyhydroxyalkanoates : an overview, *Bioresource Technology* **87**, 137-146.
14. Karlheing Hill. New cosmetic raw materials from fats and oils. SKIN CARE FORUM
15. Karlheinz Hill, (2000). Fats and oils as oleochemical raw materials, *Pure Appl. Chem.* Vol. 72, N° 7
16. Von Rybinski W. et Hill K., (1998). Alkylpolyglycosides, chap. 2, pp 31 – 85, in *Novel surfactants. Preparation, Applications and Biodegradability* ed. Krister Holmberg. Surfactant science series volume 74, 362 pages
17. Steve W. Cui, Polysaccharide gums from agricultural products. Processing, Structures and Functionality., Ph. D, 269 pages
18. IENICA Summary report for european union
19. Van de Velde K. et *al.*, Biopolymers : overview of several properties and consequences on their applications, *Polymer Testing*, 21 (2002) 433-442
20. Paster Mark et *al.*, (2003). Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow prepared by Energetics, Incorporated, Columbia, Maryland for the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of the Biomass Program Washington, D.C.
21. De Bruin J.J., (1994). Hydrophobically modified Cellulose Ether for Personal Care. Lecture at the IN-Cosmetics, Barcelona-Spain

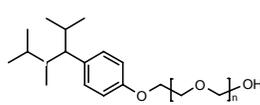
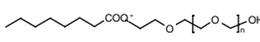
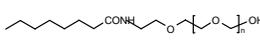
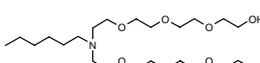
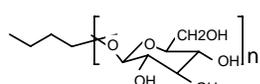
22. Phytosterol esters derived from vegetable oils as ingredients in low-fat milk and low-fat yoghurt. Initial assessment report. FOOD Standards Australia New Zealand 19 march 2003
23. Weber C. J., Biobased packaging materials for the food industry. Status and perspectives. Edited by A European Concerted Action 136 pages.
24. Richard A. Gross and Bhanu Kalra. Biodegradable polymers for the Environment
25. Yamada Haruki, (2001). Les pectines d'intérêt thérapeutiques, *Biofutur*, 208, 37-41.
26. CHIPELLINI E. et al., (2002). Biobased Polymeric Materials for Agriculture Applications. Chap 13, pp 185 -220 in Biodegradable polymers and plastics Ed Emo Chiellini and Roberto Solaro. 395 pages.
27. Projet AGRICE
28. Projet BIOPAL-CEVA
29. D. Rutot et Ph. Dubois. (2004). Les bio polymères biodégradables : l'enjeu de demain ? *Chimie Nouvelle*, n°86
30. Système de gestion des marchés stratégiques : rapport technique sur les bioplastiques (25 juin 2002) Préparé par Agriculture et Agroalimentaire Canada
31. Hussain S. et al., (2002) . Use of polymers from Biomass, *Progress in organic Coatings*, 45, 435-439.
32. Leveck B. et al., (2005). Enhancement of performance and stabilization of multi-phase systems using inulin-based surfactants. Poster at International Conference Renewable Resources and Biorefineries, Ghent-Belgium, 19-21/09/05.
33. Byrne et al., (2004). Alternating Copolymerization of Limonene Oxide and Carbon Dioxide, *JACS*, 126 (37), 11404 - 11405
34. Clacens et al., (2002). Selective etherification of glycerol to polyglycerol over impregnated basic MCM-41 type mesoporous catalysts, *Applied Catalysis A : General* 227, 181-190
35. Plasman et al., (2005). Polyglycerol esters demonstrate superior antifogging properties for films. *Plastics, Additives and Compounding*, vol. 7, 2, 30-33
36. Zhang J. Y. et al., (2000). A new peptide based urethane polymer: synthesis, biodegradation, and potential to support cell growth in vitro, *Biomaterials*, 21, 1247 - 1258.
37. Johansson I. and Svensson M., (2001). Surfactants based on fatty acids and other natural hydrophobes, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 6, 178 - 188.
38. Folmer B.M., (2003). Sterol surfactants: from synthesis to applications, *Advances in Colloid and Interface Science*, 103, 99 - 119.
39. Holmberg K., (2001). Natural surfactants, *Current opinion in colloid & Interface Science*, 6, 148 - 159
40. Johansson I. and Svensson M., (2001). Surfactants based on fatty acids and other natural hydrophobes, *Current Opinion in Colloids & Interface Science*, 6, 178 -188
41. Lichtenthaler F.W. and Peters S., (2004). Carbohydrates as green raw materials for the chemical industry, *C.R. Chimie*, 7, 65 - 90.

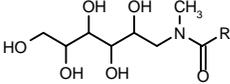
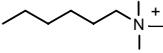
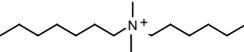
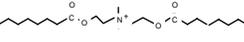
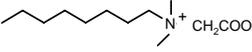
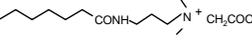
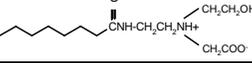
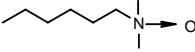
Tableau 4A : Applications potentielles des polymères à base de protéine de soja
(www.agr.gc.ca/misb/spec/bio/pdf/textiles_f.pdf)

- | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| - Cires artificielles | - Liège : utilisé comme liant | - Linoléum : liant et charge |
| - Laine artificielles | pour les bouchons | - Huile : agent clarifiant |
| - Adhésifs | - Cosmétiques : crèmes | - Emulsion huileuse : |
| - Papier pour laminage | - Verre : laminé | stabilisateur |
| - Ciment : agent égalisant | - Encre : liant et épaississant | - Matières plastiques |
| - Céramiques : agglomérant | - Agent résistant | - Caoutchouc : composés |
| - Papier couché | - Pulvérisateur | au latex, agent de |
| - Peintures | d'insecticides : liant | scellement |
| - Colles utilisées dans le | - Cuir : agent de finition | - Cônes pour textiles : liant |
| secteur de la construction | saisonnier | - Composés |
| | | impermeabilisants |

Tableau 5A: Les classes de tensioactifs, les propriétés et leurs applications

Tensioactifs	Partie hydrophile	Partie hydrophobe	Propriétés physico-chimiques	Utilisations
ANIONIQUE				
Savon $R-COO^-$	COO^-	Chaîne alkyle	Chaînes C16-C18 n'irritent pas la peau mais précipitent dans les eaux dures	Détergents
Alkylsulfate AS (SDS) $R-O-SO_3^-$	SO_4^-	Chaîne alkyle	S'hydrolyse à pH acide	Agent moussant, humectant et détergent
Alkyléthersulfate AES $R-O-(CH_2-CH_2-O)_n-SO_3^-$	SO_4^-	Chaîne alkyle	Partiellement non ionique donc tolère plus les cations divalents	Agent moussant, humectant et détergent
Linéaire alkylbenzène sulfonate (LAS) 	SO_3^-	Alkylbenzène		Agent émulsifiant, dispersant et détergent
Alkylether carboxylate $R-(O-CH_2CH_2)_n-OCH_2COO^-$	COO^-	Chaîne alkyle	Sensible à la dureté de l'eau	Formulation pour soins corporels
Alkylsulfonate et dialkylsulfosuccinate (Aérosol OT) 	SO_3^-	Chaîne alkyle		Agent mouillant Bonnes propriétés moussante, dispersante et émulsifiante (microémulsion eau/huile)
Alkylphosphate $R-O-PO_3^{2-}$	PO_4^{3-}	Chaîne alkyle	Sensible à la dureté de l'eau	Propriété détergente modérée, pour préparation à forte alcalinité et concentration importante en électrolytes
Alkylether phosphate $R-O(CH_2-CH_2-O)_n-PO_3^{2-}$	PO_4^{3-}	Chaîne alkyle	Sensible à la dureté de l'eau	Emulsion d'insecticides et herbicides à usage agricole
Alcanolamide sulfaté (cocoamide) $R-CONH-CH_2-CH_2-O-SO_3^-$	SO_4^-	Chaîne alkyle	Très peu irritant Stable à l'hydrolyse à haute température	Agent dopant de mousse, stabilisant de mousse et dispersant
Sulfate de glycéride (cocomonoglycéride sulfate de sodium) $\begin{array}{l} CH_2 - OOC - R \\ \\ CH - OH \\ \\ CH_2 - OSO_3^- \end{array}$	SO_4^-	Chaîne alkyle	Insoluble dans l'eau froide Bonne viscosité	Agent moussant, détergent

Tensioactifs	Partie hydrophile	Partie hydrophobe	Propriétés physico-chimiques	Utilisations
NON IONIQUE				
Alcool gras ethoxylé FAE $R-(O-CH_2-CH_2)_n-OH$	Polyether (EO) alcool	Chaîne alkyle		Détergent (6 à 10 OE) Dispersant, humectant et émulsifiant (sup à 10))
Alkylphénoethoxylé 	Polyether + OH	Chaîne alkyle	Peu biodégradable	Inf à 5 OE : Agent antimoissant, détergent et dispersant liposoluble 12 à 20 OE : agent mouillant et émulsifiant sup à 20 OE: détergent à haute température pour milieu à fort contenu électrolytique
Acide gras ethoxylé (polyéthoxy-esters) 	Polyether + OH + COO-	Chaîne alkyle	Ne produit pas de mousse Coût faible Hydrolysé en milieu alcalin	Pour mélange dans les lavages en machine, émulsifiant
Amide gras ethoxylé 	Polyether + OH	Chaîne alkyle		Agent moussant, antistatique et anticorrosive
Amine grasse ethoxylée 	Polyether + OH	Chaîne alkyle		Agent moussant à pH neutre ou alcalin Inhibiteur de corrosion à pH neutre
Alkylpolyglycosides 	Polyol (glucose)	Chaîne alkyle	Efficacité peu influencée par la dureté de l'eau ou la teneur en électrolytes	Agent moussant et pas irritant C12-16 : co-tensioactifs en détergence et tensioactifs pour les soins corporels C8-10 : agents mouillants dans l'industrie agrochimique
Esters de sorbitane	Polyol (sorbitol)	Chaîne alkyle		Agent émulsifiant dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique

Tensioactifs	Partie hydrophile	Partie hydrophobe	Propriétés physico-chimiques	Utilisations
Alkylglucamide 	Polyol (glucose)	Chaîne alkyle	Propriété similaire à APG	Formulation pour shampooing et gel douche
Alcanolamide		Chaîne alkyle		Dispersant, stabilisation de mousse et anticorrosion
CATIONIQUE				
Sel d'amine grasse RNH_3^+	$-NH_3^+$	Chaîne alkyle	Leur charge positive permet de s'adsorber sur des substrats chargés négativement	Agent antistatique et adoucissant Bactéricide
Sel de diamine grasse $RNH_2(CH_2-CH_2)NH_3$	$-NH_2^+$, $-NH_3^+$	Chaîne alkyle		Agent antistatique et adoucissant Bactéricide
Alkylquat 	Amine quaternaire	Chaîne alkyle		idem
Dialkylquat 	Amine quaternaire	Chaîne alkyle		idem
Esterquat 	Amine quaternaire	Chaîne alkyle		Agent antistatique Adoucissant Bactéricide
AMPHOTERE				
Alkylbétaine  Alkylsulfobétaine, Amidobétaine 	N^+ et COO^-	Chaîne alkyle	Tolère une forte concentration d'électrolyte, bon pouvoir moussant	Adoucissant pour textile et cheveux Additif inhibiteur de corrosion
Imidazoline 	N^+ et COO^-	Chaîne alkyle	Très peu sensible à la dureté de l'eau ou à la force ionique	Adoucissant pour textile Additif
Amine oxide 	$N^+ \rightarrow O$	Chaîne alkyle		Stabilisateur de mousse
Alcyloaminoacide, sarcosinate $R:CO-N(CH_3)-CH_2-COO^-$	N^+ et COO^-	Chaîne alkyle		Pouvoir bactéricide

Tensioactifs	Partie hydrophile	Partie hydrophobe	Propriétés physico-chimiques	Utilisations
TENSIOACTIFS SPECIAUX				
Tensioactif siliconé (en remplaçant plusieurs atomes de carbone par un atome de Si ou dimethylsilicone)		Chaîne siliconée	Pas biodégradable	Agent mouillant Antimousse, Emulsifiant
Tensioactif fluoré (fluorocarbures : TEFLON)		Chaîne fluorée	Bonne résistance chimique, mécanique et thermique	Agent moussant dans les extincteurs d'incendie
Tensioactif polymérique Polymère bloc (OE-PO) Polymère greffe (copolymère de l'acide malique et du styrène)		OE -OP		Agent humectant et détergent, agent de rinçage Agent de rupture des émulsions de pétrole
Biosurfactant	Sucre, peptides	Chaîne alkyle		Antifongique, antiviral, détergent, cosmétique

Tableau 6A : Les tensioactifs d'origine végétale

Hydrophile	Hydrophobe		
	Alcools gras	Acides gras	Autres
Sucre	Alkylpolyglycosides Alkylglucamides Sucroesters	Biosurfactants (rhamnolipides) Sucroesters	
Polyols		Esters de sorbitane Esters de sorbitol	Lignosulfonates
Glycérols		Esters de glycérol ou de polyglycérol	
Peptides Acides aminés		Biosurfactants (surfactine) Condensats de protéine ou peptide ou d'acides aminés et d'acides gras	
Amines grasses			Amines ethoxylées Oxydes d'amines Sels d'ammonium quaternaire
Autres	Sulfosuccinates Alkyléthers sulfatés Alcools gras ethoxylés et propoxylés Alkyles sulfatés Alcanolamides sulfatés Esters d'acides phosphoriques et d'alcools gras	Savons Acides gras éthoxylé Di- et Mono-glycérides sulfatés Bétaines Esterquats Alcanolamides Amphodiacétates (Imidazoline)	Lécithines Saponines Polyoxyéthylène stérols

Les tensioactifs en gras sont totalement d'origine renouvelable.

Tableau 7A : Relevé des produits de vaisselle à la main et shampoings

a. Détergents

Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel?
"1" fraîcheur citron	Yplon	0,54	1000ml	0,54	Carrefour	Namur	X
"1" concentré au citron	Yplon	0,57	1000ml	0,57	Carrefour	Namur	X
Biotop	Biotop	2,61	500ml	5,22	Sequoia	Bruxelles	XX
Bois de panoma	Marval et Vincent	2,79	1000ml	2,79	Di	Namur	XX
Carrefour		1,31	750ml	1,75	Carrefour	Namur	
Delhaize ultra+	SA Delhaize Le lion	1,39	500ml	2,78	Delhaize	Namur	
Dreft "normal"	Procter & Gamble	2,75	1000ml	2,75	Delhaize	Namur	
		1,99	500ml	3,98	Spar	Anvers	
		1,49	375ml	3,97	Kruidvat	Anvers	
Dreft (formule plus épaisse)	Procter & Gamble	2,69	750ml	3,59	Di	Namur	
		2,65	750ml	3,53	Carrefour	Namur	
Dreft (fraicheur pomme)	Procter & Gamble	1,74	500ml	3,48	Di	Namur	X
		2,69	1000ml	2,69	Carrefour	Namur	X
		1,69	500ml	3,38	Delhaize	Namur	X
Dreft extra doux	Procter & Gamble	2,65	750ml	3,53	Carrefour	Namur	
		2,95	750ml	3,93	Delhaize	Namur	
Dreft extra hygiène	Procter & Gamble	3,22	750ml	4,29	Spar	Anvers	
		2,35	750ml	3,13	Kruidvat	Anvers	
Ecolino	Green beans	2,3	1000ml	2,30	Sequoia	Bruxelles	XX
Ecover	Ecover	2,79	1000ml	2,79	Di	Namur	XX
		2,75	1000ml	2,75	Delhaize	Namur	XX
		2,58	1000ml	2,58	Sequoia	Bruxelles	XX
Froggy	Werner&Mertz	1,59	500ml	3,18	Di	Namur	XX
Froggy aux algues	Werner&Mertz	1,97	500ml	3,94	Di	Namur	XX
Froggy dégraissant au citron	Werner&Mertz	1,88	1000ml	1,88	Carrefour	Namur	XX
		1,93	1000ml	1,93	Delhaize	Namur	
Froggy peau sensible	Werner&Mertz	1,83	500ml	3,66	Di	Namur	XX
Froggy perles vitaminées	Werner&Mertz	1,97	500ml	3,94	Di	Namur	XX
Hema afwasmiddel	Hema	0,95	500ml	1,90	Hema	Anvers	
Klok éco	Dalli	1,59	500ml	3,18	Delhaize	Namur	XX
		1,59	500ml	3,18	Di	Namur	XX
Kruidvat afwas	Kruidvat	1,21	750ml	1,61	Kruidvat	Anvers	
Palmolive "sensation printemps"	Colgate Palmolive	1,89	500ml	3,78	Delhaize	Namur	
		2,21	500ml	4,42	Spar	Anvers	
Per	Henkel	1,7	500ml	3,40	Carrefour	Namur	
Per citron/pomme	Henkel	1,75	750ml	2,33	Delhaize	Namur	X
Per vinaigre et pomme	Henkel	1,62	750ml	2,16	Carrefour	Namur	X
Spar Ultra	Spar Select/ lambrechts groep	1,55	500ml	3,10	Spar	Anvers	
Sunlight	Lever Fabergé	2,69	1250ml	2,15	Carrefour	Namur	
		1,99	750ml	2,65	Delhaize	Namur	
Ultra + citron	SA Delhaize Le lion	2,29	1000ml	2,29	Delhaize	Namur	X
Ultra Delhaize	SA Delhaize Le lion	1,29	500ml	2,58	Di	Namur	
Ultra sensitive	SA Delhaize Le lion	1,45	500ml	2,90	Delhaize	Namur	
	Colgate Palmolive	1,69	500ml	3,38	Carrefour	Namur	
Una	Yplon	0,59	1000ml	0,59	Aldi	Anvers	
Una ultra	Dalli Werke	0,69	?	?	Aldi	Anvers	

b. Shampoings

Shampoings							
Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel?
Argiletz	Argiletz	7,99	200ml	39,95	La maison des plantes	Namur	
		8,35	200ml	41,75	Sequoia	Brussels	
Au bord de la rivière	Les douces angevines	17,65	200ml	88,25	Sequoia	Brussels	XX
Avalon	Avalonorganics	7,95	325ml	24,46	Sequoia	Brussels	
Babylyss pro	Laboratoire BKI	5,49	250ml	21,96	Di	Namur	
Beliflor	Lisap Spa	7,62	250ml	30,48	Sequoia	Brussels	X
Bo natural body care "aromatherapy"	Biovert	5,9	200ml	29,50	Di	Namur	XX
Biorène argent	Eugène Perma	5,68	200ml	28,40	Inno	Namur	
		2,55	200ml	12,75	Di	Namur	
		6,54	200ml	32,70	Delhaize	Namur	
Biotherm hair resource	L'Oréal	11,8	250ml	47,20	Inno	Namur	
		12,5	250ml	50,00	Planet parfum	Antwerpen	
		11,5	250ml	46,00	Inno	Antwerpen	
Biotherm homme	L'Oréal	15,65	150ml	104,33	Inno Anvers	Antwerpen	
Blonde de blonde	Romela hair Stockholm	5,95	200ml	29,75	Di	Namur	
Bubble Joe Kids	Schwarzkopf & Henkel	1,66	250ml	6,64	Inno	Namur	X
Carpe Diem	Rituals	8	300ml	26,67	Inno Anvers	Antwerpen	
Carrefour shampoing	CIM	1,15	400ml	2,88	Carrefour	Namur	
Carrefour shampoing "doux"	CIM	1,46	250ml	5,84	Carrefour	Namur	
Clairol Herbal essences	Procter & Gamble	2,39	250ml	9,56	Di	Namur	X
		2,34	250ml	9,36	Carrefour	Namur	
		2,19	250ml	8,76	Delhaize	Namur	X
		2,19	250ml	8,76	Kruidvat	Antwerpen	
Clarins	Clarins	16	200ml	80,00	Planet parfum	Antwerpen	
		13,5	200ml	67,50	Inno Anvers	Antwerpen	
Clarins for men	Clarins	20,7	200ml	103,50	Inno Anvers	Antwerpen	
Clinique	Clinique	15	200ml	75,00	Planet parfum	Antwerpen	
		13,5	200ml	67,50	Inno Anvers	Antwerpen	
Corine de Farme "shampoing Disney"	Laboratoire Sarbec	2,79	300ml	9,30	Di	Namur	
		2,73	300ml	9,10	Carrefour	Namur	
Corine de Farme	Laboratoire Sarbec	2,89	300ml	9,63	Kruidvat	Antwerpen	X
Coslys	Coslys/ Laboratoire Alvend	17,76	1000ml	17,76	Sequoia	Brussels	XX
		10,5	250ml	42,00	Sequoia	Brussels	

Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel?
Delhaize shamppoing	SA Delhaize le lion	1,29	300ml	4,30	Delhaize	Namur	
Delpia	Yplon	0,75	1000	0,75	Inno	Namur	
		0,68	500ml	1,36	Inno	Namur	
Derby	Delhaize 'le lion'	0,69	300ml	2,30	Delhaize	Namur	X
Dove	Lever fabergé	2,42	250ml	9,68	Di	Namur	
		2,42	250ml	9,68	Carrefour	Namur	
		2,3	250ml	9,20	Delhaize	Namur	
		3,45	250ml	13,80	Inno Anvers	Antwerpen	
		2,12	250ml	8,48	Kruidvat	Antwerpen	
Dynasil	Mieux vivre la vie	10	200ml	50,00	Sequoia	Brussels	XX
Elsève	L'Oréal	3,29	250ml	13,16	Di	Namur	
		2,85	250ml	11,40	Carrefour	Namur	
		3,29	250ml	13,16	Delhaize	Namur	
		2,72	250ml	10,88	Kruidvat	Antwerpen	
Elsève	L'Oréal	3,01	250ml	12,04	Di	Namur	
		4,35	250ml	17,40	Inno Anvers	Antwerpen	
Elsève for men	L'Oréal	2,78	250ml	11,12	Carrefour	Namur	
Eviline	Marval et Vincent	3,95	1000	3,95	De kruiderij	Antwerpen	X
Euro Profit	Evora Renswoude BV	0,72	500ml	1,44	Kruidvat	Antwerpen	
Fa Kids	Schwarzkopf & Henkel	2,31	250ml	9,24	Inno	Namur	
Ferme de la Comogne	Ferme de la Comogne	9,89	250ml	39,56	Di	Namur	X
Flex	Revlon	3,84	300ml	12,80	Delhaize	Namur	
Fructis	Laboratoires Garnier/ L'Oréal	2,43	250ml	9,72	Di	Namur	
		3,85	250ml	15,40	Inno	Namur	
		2,18	250ml	8,72	Carrefour	Namur	
		2,27	250ml	9,08	Delhaize	Namur	
		3,85	250ml	15,40	Inno Anvers	Antwerpen	
		2,17	250ml	8,68	Kruidvat	Antwerpen	
Implan produit de la ferme	Implan produit de la ferme	5,33	200ml	26,65	Di	Namur	XX
Gliss kur hair repair	Schwarzkopf & Henkel	3,49	250ml	13,96	Inno	Namur	
		3,49	250ml	13,96	Inno Anvers	Antwerpen	
Gliss kur hair repair		3,29	250ml	13,16	Kruidvat	Antwerpen	
Good Health	Good Health LDT (restore trading europe NL)	9,95	250ml	39,80	La maison des plantes	Namur	XX
		9,95	250ml	39,80	sequoia	Brussels	XX
Guhl	Guhl Ikebana Cosmetics	5,19	200ml	25,95	Kruidvat	Antwerpen	
Hair Borist	Hair Borist	12,5	250ml	50,00	sequoia	Brussels	XX
Head & shoulders	Procter & Gamble	4,32	300ml	14,40	Di	Namur	
		3,95	300ml	13,17	Carrefour	Namur	
		4,35	300ml	14,50	Delhaize	Namur	

Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel ?
		5,92	300ml	19,73	Inno Anvers	Antwerpen	
Hédelab	Hédelab	6,12	200ml	30,60	La maison des plantes	Namur	
Hema shampoo	Hema	1,45	500ml	2,90	Hema	Antwerpen	
Henna hair care	Marval & Vincent	3,69	500ml	7,38	Delhaize	Namur	X
Henna hair care	Marval & Vincent	3,69	500ml	7,38	Delhaize	Namur	
Henna hair care	Marval & Vincent	3,91	500ml	7,82	Di	Namur	XX
		3,69	500ml	7,38	De kruiderij	Antwerpen	XX
		3,69	500ml	7,38	Kruidvat	Antwerpen	XX
Henna plus	Frenchtop Natural care	4,93	200ml	24,65	Kruidvat	Antwerpen	X
		4,99	200ml	24,95	De kruiderij	Antwerpen	X
Hydromiel	Laboratoire Biocos	4,99	500ml	9,98	Di	Namur	X
Institut Phyto	Laboratoire Sarbec	4,51	250ml	18,04	Di	Namur	
		4,29	250ml	17,16	Carrefour	Namur	
		4,51	250ml	18,04	Delhaize	Namur	
Jacques Dessange	Jacques Dessange capillaire	3,2	200ml	16,00	Di	Namur	
		3,1	200ml	15,50	Delhaize	Namur	
		3,58	200ml	17,90	Carrefour	Namur	
Jacques Dessange	Jacques Dessange capillaire	4,85	200ml	24,25	Inno Anvers	Antwerpen	
		3,1	200ml	15,50	Kruidvat	Antwerpen	
J.F. Lazartigue	JF Lazartigue développement international	18,6	250ml	74,40	Inno Anvers	Antwerpen	
Jip & Janneke	Hema	3,55	200ml	17,75	Hema	Antwerpen	
Kanebo	Kanebo int.	22	200ml	110,00	Planet parfum	Antwerpen	
Keranove	Laboratoires Keranova/Eugène perma	3,7	250ml	14,80	Di	Namur	
Keranove	Laboratoires Keranova/Eugène perma	2,95	250ml	11,80	Inno	Namur	
Keranove	Laboratoires Keranova/Eugène perma	3,35	250ml	13,40	Carrefour	Namur	
		3,7	250ml	14,80	Delhaize	Namur	
Kruidvat	Evora Renswoude BV	2,95	500ml	5,90	Kruidvat	Antwerpen	
Kruidvat	Evora Renswoude BV	1,21	500ml	2,42	Kruidvat	Antwerpen	
Kruidvat	Evora Renswoude BV	1,86	250ml	7,44	Kruidvat	Antwerpen	
Kruidvat	Evora Renswoude BV	2,35	200ml	11,75	Kruidvat	Antwerpen	
Kyrell	Kyrell	0,95	250ml	3,80	Aldi	Antwerpen	

Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel?
Lancome hairsensation	Lancome	17,4	250ml	69,60	Inno	Namur	
		13,7	250ml	54,80	Planet parfum	Antwerpen	
		12,3	250ml	49,20	Inno Anvers	Antwerpen	
Lavera	Laverana	5,45	250ml	21,80	Di	Namur	X
Lavera Naturkosmetik	Laverana	4,95	250ml	19,8	Di	Namur	X
Lavera basis sensitiv	Laverana	4,95	250ml	19,80	Delhaize	Namur	
Le chat	Schwarzkopf & Henkel	2,7	250ml	10,80	Di	Namur	
		2,7	250ml	10,80	Inno	Namur	
		2,85	250ml	11,40	Kruidvat	Antwerpen	
Le chat kids	Schwarzkopf & Henkel	2,7	250ml	10,80	Delhaize	Namur	X
Le petit Marseillais	Laboratoires Vendôme	3,39	250ml	13,56	Delhaize	Namur	X
		3,99	250ml	15,96	Di	Namur	X
Le petit Marseillais kinderen	Laboratoires Vendôme	6,78	600ml	11,30	Delhaize	Namur	X
Les Karités	Laboratoires home institut	6,63	500ml	13,26	Di	Namur	
		6,92	500ml	13,84	Inno Anvers	Antwerpen	
Les Triplés	Nicole Lambert Unipar	14,4	200ml	72,00	Inno Anvers	Antwerpen	
Melvita	Melvita	8,95	200ml	44,75	Sequoia	Brussels	
Mildeen	Delphia/Yplon	0,69	400ml	1,73	Aldi	Antwerpen	X
Mildeen	Delphia/Yplon	0,69	400ml	1,73	Aldi	Antwerpen	X
Mildeen	Delphia/Yplon	0,69	400ml	1,73	Aldi	Antwerpen	
Muis Mimi	Hema	4,05	300ml	13,50	Hema	Antwerpen	
Mosquat's	Gelon	12,7	200ml	63,50	Sequoia	Brussels	
Nature L	JF Lazartigue development international	4,83	200ml	24,15	Di	Namur	
		4,83	200ml	24,15	Delhaize	Namur	
Neobio	Elektrobio cosmetics	5,6	200ml	28,00	Sequoia	Brussels	X
Neobio Man	Elektrobio cosmetics	8,58	200ml	42,90	Sequoia	Brussels	X
Nivea hair care	Beiersdorf	2,45	250ml	9,80	Di	Namur	
		2,45	250ml	9,80	Carrefour	Namur	
		2,99	250ml	11,96	Inno	Namur	
		2,45	250ml	9,80	Delhaize	Namur	
		2,99	250ml	11,96	Inno Anvers	Antwerpen	
		2,45	250ml	9,80	Kruidvat	Antwerpen	
Nivea for men	Beiersdorf	2,45	250ml	9,80	Inno	Namur	
Novocrin	S.A. Schreurs N.V. Group	3,15	300ml	10,50	Di	Namur	X
		3,25	300ml	10,83	La maison des plantes	Namur	

Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel?
Nuxe	Laboratoire nuxe	10,5	200ml	52,50	Planet parfum	Antwerpen	
Oilily	Oilily	9,24	200ml	46,20	Planet parfum	Antwerpen	
		9,4	200ml	47,00	Inno Anvers	Antwerpen	
Oilily	Oilily	24,7	250ml	98,80	Inno Anvers	Antwerpen	
Oléanat	Huilerie Emile Noel SAS	9,28	1000ml	9,28	Sequoia	Brussels	XX
Olivier Dachkin	Olivier Dachkin	11	250ml	44,00	Coiffeur Olivier Dachkin	Namur	
Palmarosa	Pranarom	6,32	200ml	31,60	Sequoia	Brussels	X
Palmolive	Colgate-Palmolive Company	1,6	400ml	4,00	Inno	Namur	X
		1,72	400ml	4,30	Delhaize	Namur	X
Palmolive Junior	Colgate-Palmolive Company	2,09	200ml	10,45	Delhaize	Namur	
Pantene Pro-V	Procter & Gamble	2,67	200ml	13,35	Di	Namur	
		2,79	200ml	13,95	Inno	Namur	
		2,7	200ml	13,50	Carrefour	Namur	
		2,67	200ml	13,35	Delhaize	Namur	
		3,25	200ml	16,25	Inno Anvers	Antwerpen	
		4,11	200ml	20,55	Kruidvat	Antwerpen	
Parapar kinderen en scholieren	Pranarom	8,96	125ml	71,68	La Maison des Plantes	Namur	XX
		8,96	125ml	71,68	Sequoia	Brussels	XX
Petrole hann	Eugène Perma	2,85	200ml	14,25	Di	Namur	
		2,77	200ml	13,85	Carrefour	Namur	
		2,85	200ml	14,25	Kruidvat	Antwerpen	
Phyto reflet		4,7	200ml	23,50	Yves Rocher	Namur	XX
Phyto reflet		5,59	250ml	22,36	Kruidvat	Antwerpen	
Phyts	Laboratoire JP Llopart	13,8	200ml	69,00	Sequoia	Brussels	
Phytum aktiv		4	200ml	20,00	Yves Rocher	Namur	XX
Planet Kid	Labosanté	2,7	200ml	13,50	Di	Namur	X
		2,7	200ml	13,50	Delhaize	Namur	X
Pranarom	Pranarom	6,32	200ml	31,60	La maison des plantes	Namur	
Prépharma	fabriqué en Belgique pour Prépharma	5,18	250ml	20,72	Carrefour	Namur	
Prohair care	Wella	7,49	250ml	29,96	Di	Namur	
Propolia	APIMAB Laboratoires	9,75	200ml	48,75	Sequoia	Brussels	XX
Rhassoul	Urtekram	3,77	250ml	15,08	Sequoia	Brussels	
Remark Pharma	Rarqu	7,85	200ml	39,25	Sequoia	Brussels	
Rene Furtherer	Rene Furtherer	13,3	150ml	88,67	Planet parfum	Antwerpen	

Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel?
Rene Furtherer	Rene Furtherer	12,75	150ml	85,00	Planet parfum	Antwerpen	
Rêve de provence aux huiles essentielles	Laboratoire France-cosmétiques	3,99	250ml	15,96			
Roger & Gallet	Roger & Gallet	6,75	200ml	33,75	Inno Anvers	Antwerpen	
Sanoflore	Sanoflore laboratoire	6,5	200ml	32,50	Di	Namur	XX
Séborin	Schwarzkopf & Henkel	2,71	250ml	10,84	Carrefour	Namur	
		3,79	250ml	15,16	Inno Anvers	Antwerpen	
Shiseido	Shiseido	20	200ml	100,00	Planet parfum	Antwerpen	
		17,95	200ml	89,75	Inno Anvers	Antwerpen	
Schwarzkopf	Schwarzkopf & Henkel	1,79	300ml	5,97	Inno	Namur	X
		1,79	300ml	5,97	Delhaize	Namur	X
		1,79	300ml	5,97	Di	Namur	X
		2,35	300ml	7,83	Inno Anvers	Antwerpen	X
		1,79	300ml	5,97	Kruidvat	Antwerpen	
Schwarzkopf	Schwarzkopf & Henkel	2,95	150ml	19,67	Di	Namur	
		2,82	150ml	18,80	Carrefour	Namur	
		3,49	150ml	23,27	Inno	Namur	
		2,88	150ml	19,20	Delhaize	Namur	
		3,49	150ml	23,27	Inno Anvers	Antwerpen	
		3,2	150ml	21,33	Kruidvat	Antwerpen	
Schwarzkopf Gliss pur	Schwarzkopf & Henkel	2,85	250ml	11,40	Di	Namur	
		2,85	250ml	11,40	Carrefour	Namur	
		2,85	250ml	11,40	Delhaize	Namur	
Shampoo Kids	Delhaize 'le lion'	1,71	250ml	6,84	Delhaize	Namur	X
Sisley	Sisley	44	200ml	220,00	Planet parfum	Antwerpen	
Sunlight	Lever fabergé	1,46	200ml	7,30	Inno	Namur	
Sunsilk	Lever fabergé	2,55	250ml	10,20			X
		2,38	250ml	9,52	Carrefour	Namur	X
		2,55	250ml	10,20	Delhaize	Namur	
		2,95	250ml	11,80	Inno Anvers	Antwerpen	
		2,65	250ml	10,60	Kruidvat	Antwerpen	
Tartine chocolat et	Givenchy	12,4	200ml	62,00	Inno Anvers	Antwerpen	
Tech+, professional line	Laboratoires home institut	4,69	300ml	15,63	Di	Namur	XX
The Body shop	The Body shop	10,5	400ml	26,25	The Body Shop	Antwerpen	
The Body shop men	The Body shop	8,75	200ml	43,75	The Body Shop	Antwerpen	

Nom de la compagnie	Maison mère	Prix	Volume	Prix/litre	Enseigne	Ville	Naturel ?
Timotei	Lever fabergé	1,93	250ml	7,72	Inno	Namur	X
		1,93	250ml	7,72	Delhaize	Namur	X
Timotei	Lever fabergé	1,99	250ml	7,96	Kruidvat	Antwerpen	
Ultra Doux	Laboratoires Garnier/ L'Oréal	2,69	250ml	10,76	Di	Namur	XX
		2,77	250ml	11,08	Inno	Namur	X
		2,69	250ml	10,76	Delhaize	Namur	X
		3,85	250ml	15,40	Inno Anvers	Antwerpen	
		2,69	250ml	10,76	Kruidvat	Antwerpen	
Ultra Doux	Laboratoires Garnier/ L'Oréal	2,37	250ml	9,48	Di	Namur	X
Ultra Doux	Laboratoires Garnier/ L'Oréal	2,37	250ml	9,48	Di	Namur	X
		2,46	250ml	9,84	Carrefour	Namur	
		2,23	250ml	8,92	Inno	Namur	X
Ultra Doux	Laboratoires Garnier/ L'Oréal	2,25	250ml	9,00	Delhaize	Namur	X
Ultra Doux Kids	Laboratoires Garnier/ L'Oréal	2,25	250ml	9,00	Delhaize	Namur	X
Wella	Wella	2,07	200ml	10,35	Carrefour	Namur	X
		2,79	200ml	13,95	Kruidvat	Antwerpen	
Wella pro-hair	Wella	7,49	250ml	29,96	Kruidvat	Antwerpen	
Wella Grisan	Wella	2,95	250ml	11,80	Carrefour	Namur	
		3,13	250ml	12,52	Delhaize	Namur	
Weleda	Weleda Group	5,95	100ml	59,50	Sequoia	Brussels	
		5,95	100ml	59,50	De kruidrij	Antwerpen	
Wolo	Adroka Ltd./ NV Debosan SA	6,75	200ml	33,75	Sequoia	Brussels	X
ZP11	Revlon	7,41	400ml	18,53	Inno Anvers	Antwerpen	
Zwitsal	Sara Lee H&BC	4,05	400ml	10,13	Kruidvat	Antwerpen	

Tableau 8A : Quelques tensioactifs d'origine renouvelable dans les formulations shampooings

Nom scientifique	Nom INCI
ANIONIQUE	
Alkyl sulfates	Sodium coco sulfates, sodium lauryl sulfate, ammonium lauryl sulfate, TEA-lauryl-sulfate, sodium cetearyl sulfate
Alkyl éther sulfates	Laureth sulfate, sodium laureth sulfate, ammonium laureth sulfate, sodium oleth sulfate, magnesium oleth sulfate
Sulfosuccinates	Disodium ricinoleamido - MEA - sulfosuccinate Disodium cocamido MEA sulfosuccinate Disodium cocamido MIPA sulfosuccinate Disodium cocamido PEG - (n) - sulfosuccinate
Alkyléthercarboxylates	Laureth -(n)-carboxylic acid, sodium laureth -(n)-carboxylate
Amide ether sulfates	TEA-PEG-3-cocamide sulfite, magnesium-PEG-3-cocamide sulfate
NON IONIQUE	
Alkylpolyglycosides	Cocoglucosides, lauryl glucosides, cocopolyglucoses, decyl polyglucose, decyl glucosides, lauryl polyglucose
Sucroesters	Sucrose cocoate, sucrose oléate
Esters de glycérol et de polyglycérol	Glycol distearate, Glycerol ricinoleate, Glycerol cocoate
Amide gras ethoxylé	PEG - (n) - cocamide, PEG - (n)- oleamide
Acide gras éthoxylé	PEG - (n)-castor oil, laureth (n), PEG-80- glyceryl cocoate, PEG-(n)-distearate, PEG- (n) - laurate, PEG -(n)- myristate, PEG - (n) - palmitate, PEG -(n) - cocoate, oleth-5, coceth-10, laureth-(n), cetareth - (n), PEG -(n)- hydrogenatedglyceril palmate
Alkylglucamides	Cocoyl methyl glucamide, lauroyl methyl glucamide
AMPHOTERE	
Alcanolamides	Cocamide DEA ou MEA, lauramide DEA, coconut oil amide of diethanolamine, cocodiethanolamide, lauraminopropionate DEA, cocamide MIPA (Monoisopropanolamide)
Bétaïnes	Cocobétaïne, cocamidopropylbétaïne, décyl bétaïne, lauryl betaine, palm kernel amido propylbetaine, lauramidopropyl betaine
Imidazoline	Cocoamphodiacétate, disodium cocoamphodiacétate, disodium lauroamphodiacetate, sodium lauroamphoacetate
Acylglutamates ou acylaminoacides	Sodium lauroyl glutamate, sodium cocoyl glutamate
Oxyde d'amines	Lauramine oxide, cocamidopropylamine oxide, cocamine oxide

Les tensioactifs en gras sont totalement d'origine renouvelable.

Tableau 9A : Comparaison des performances des tensioactifs (Etude ADEME/AGRICE n°0101020)

Nom du produit	Facilité de mise en oeuvre	Pouvoir détergent	Pouvoir moussant	Pouvoir mouillant	Pouvoir hydrotope	Pouvoir émulsifiant Huile/eau
Dodécylbenzène sulfonate de sodium LAS	2	5	4	4	3	3
Lauryl éther sulfate AES	4	3	4	2	3	3
Alkyl phénol éthoxylé C9-11, 7-9 OE AE	3	3	3	3	2	3
Alcool éthoxylé C12-15, 10-12 OE AE	3	3	3	3	3	3
Alkyl glucamide AG	3	2	5	2	3	3
Alkylpolyglucosides C12-14 APG	3	2	5	2	4	3

5 : excellent ; 4 : très bon ; 3 : bon ; 2 : faible ; 1 : très faible

Pouvoir émulsifiant: Aptitude d'un tensioactif à former et à stabiliser une émulsion qui est une dispersion d'eau dans de l'huile ou d'huile dans de l'eau.

Pouvoir dispersant: Aptitude des tensioactifs à disperser et à maintenir des particules solides en suspension.

Pouvoir moussant: Aptitude des tensioactifs à former et à stabiliser une mousse qui est une dispersion de bulles d'air dans l'eau.

Pouvoir mouillant : Aptitude des solutions de tensioactifs à mouiller un support solide. On peut l'évaluer par la mesure de l'angle de contact que forme une goutte de solution avec le support solide.

Pouvoir hydrotope : Les hydrotopes sont des molécules capables de rendre hydrophiles d'autres substances pour les solubiliser.

Tableau 10A : Les polymères biodégradables, les applications et leurs producteurs

Polymères d'origine naturelle	Nom	Fabricant	Applications
<p>1. Polymères synthétisés par les végétaux</p> <p>1.1. A base d'amidon</p>	<p>POLYNAT, GETREX EVERCORN CLEAN GREEN PACKING SUPOL PARAGON COHPOL</p> <p>ENVAR MATER-BI NOVON BIOPLAST, BIOFLEX, BIOPUR VEGEMAT BIOPAR</p> <p>PLANTIC</p> <p>SOLANYL</p>	<p>ROVERCH (France) CORNSTARCH (Japon) STARCHTECH INC. (USA) SUPOL (Allemagne) AVEBE (Pays- bas) VTT Chemical Technology (Finlande) BIOPLASTICS Inc NOVAMONT (Italie) NOVON International (USA) BIOTEC (Allemagne)</p> <p>VEGEMAT (France) BIOP POLYMER (Allemagne) PLANTIC Technologies Limited (Australie) RODENBURG BIOPOLYMERS (Pays-bas)</p>	<p>Emballages, Agriculture Loisirs Sports (tees de golf) Jouets (Playmais)</p>
<p>1.2. A base de cellulose</p>	<p>CELLOPHANE, CELLOTERM, NATURE FLEX BIOCETA ENVIRO PLASTIC Z</p> <p>BIO COMPO CELGREEN (grade PCA)</p> <p>XYLECO TENITE</p>	<p>UCB (Belgique)</p> <p>MAZZUCHELLI (Italie) Planet Polymer Technologie (USA) Mitsufuku (Japon) DAICEL Chemicals Industries (Japon) XYLECO (USA) Eastman Chemicals BV (Nederlands)</p>	<p>Emballages alimentaires Pièces techniques Lunettes Adhésifs</p>
<p>1.3. A base de fibre/lignine et autre matériau</p>	<p>ARBOFORM FASAL TREEPLAST LIGNOPOL (composite)</p> <p>ECOPLAST NAPAC</p>	<p>Tecnaro (Allemagne) IFA (Autriche)</p> <p>Borregaard Ligno Tech (Allemagne) GROEN GRANULAAT (Pays-bas) NAPAC (Suisse)</p>	<p>Panneau Tableau de bord</p>
<p>2. Les polymères synthétisés à partir de ressources renouvelables</p> <p>PLA</p>	<p>NATUREWORKS, INGEO</p> <p>LACEA LACTY</p> <p>LACTRON GALACTIC</p>	<p>NATUREWORKWS LLC (USA)</p> <p>MITSUI CHEMICALS Co (Japon) SHIMADZU CORPORATION (Japon) KANEBO GOSHEN (Japon) GALACTIC (Belgique)</p>	<p>Emballages (films, papier couché, conteneurs rigides) CD, carte de crédit Couverts jetables Textile, fibre de rembourrage</p>

Polymères d'origine naturelle	Nom	Fabricant	Applications
PGA/PLA	ECOLOJU	MITSUBISHI Plastics, inc. (Japon) PHUSIS (France) HYCAIL B.V. (Nederlands) FORTUM OYJ (Finlande)	Moquette Boitiers techniques (ordinateurs, walkman) Agriculture Médical
	VICRYL DEXON PHUSILINE® PURASORB®	DUPONT & Co CYANAMIDE DE Co PHUSIS (France) PURAC (Nederlands)	Fil de suture Implants
3. Les polymères synthétisés par les bactéries PHB (polyhydroxybutyrates)	BIOGREEN BIOMER NODAX	MITSUBISHI GAS CHEMICAL BIOMER (Allemagne) PROCTER & GAMBLE KANEKA (Japon)	Emballages Agriculture Adhésives Sacs poubelles Médical
PHV (polyhydroxyvalerate)	METABOLIX PHA BIOPOL (PHB/PHV)	METABOLIX (USA) MONSANTO/ZENECA (Grande bretagne)	
Polymères d'origine non renouvelable			
1. Polyesters de synthèse	BIOMAX SKY GREEN™ ECOFLEX EASTAR BIO BIONOLLE BAK	DUPONT POLYESTER (USA) SK POLYMERS (Corée) BASF (Allemagne) Eastman Chemical (USA) SHOWA HIGH POLYMER (Japon) BAYER (Allemagne) plus commercialisé	Films Sacs poubelles Agriculture Pots Textile
2. Polycaprolactones	3GT SORONA CAPA CELGREEN TONE ENVAR	DUPONT SOLVAY (Belgique) DAICEL CHEMICAL INDUSTRIES (Japon) UNION CARBIDE (USA) BIOPLASTICS (USA)	Films pour emballage Agriculture Adhésifs Bouteille Sacs
3. Polyvinylalcools (pas suivant la norme EN13432)	DEPART P2 HYDROLENE AQUADRO MOWIOL SOLPAX POVAL GHOSENOL UNITIKA	Environmental polymers group (GB) PVAXX (USA) IDRO PLAST (Italie) Planet Polymer Technologies (USA) CLARIAN (Allemagne) SOLPAX (Irlande) KURARAY (Japon) Nippon Goshei (Japon) UNITIKA	Films pour l'alimentaire Films agriculture Colle papier Couverts
4. Polymères additivés (pas suivant la norme EN13432)	ADDIFLEX DEGRADE ENTEC	SEKUNDANTEN EVERGREEN EAM	Films agricultures

Tableau 11A: Applications emballages films et sacs à base de MATER-BI et Natureworks

MATER-BI® Classe Z (NOVAMONT)	NatureWorks™ Film biaxialement orienté (4042D) (NATUREWORKS LLC)
Sacs « sortie de caisse » Sacs poubelles et compostages Emballages fruits et légumes Emballages films pour divers produits	Emballages de confiseries Emballages de fleurs Emballages alimentaires Fenêtre d'enveloppe Fenêtre d'emballage pour pain

Tableau 12A : Liste des firmes interviewées

Firme (tensioactifs)	Degré d'utilisation des RR	Activité
Cognis	Semi utilisateur	Producteur de tensioactifs
Ecover	Utilisateur	Formulateur
KPSS	Utilisateur	Formulateur
Mc Bride	Semi utilisateur	Formulateur
Oléon	Utilisateur	Producteur de tensioactifs
Pranarom	Non utilisateur	Formulateur
Procter et Gamble	Semi utilisateur	Formulateur
Schreurs	Semi utilisateur	Formulateur
Vandeputte	Semi utilisateur	Formulateur

Firme (polymères)	Degré d'utilisation des RR	Activité
ACE	Non utilisateur	Plasturgiste
Total petrochemicals	Non utilisateur	Producteur de polymères
Carrefour	Utilisateur	Grande distribution
Clariant	Non utilisateur	Plasturgiste
Colruyt	Non utilisateur	Grande distribution
Defimex	Semi utilisateur	Distributeur
Delplast	Semi utilisateur	Plasturgiste
Gabriel Technologie	Non utilisateur	Plasturgiste
Galactic	Utilisateur	Producteur de polymères
Jet'sac	Semi utilisateur	Plasturgiste
NatureWorks LLC	Utilisateur	Producteur de polymères
Novamont	Semi utilisateur	Producteur de polymères
Pack-O-Plast	Semi utilisateur	Plasturgiste
Power Pack	Semi utilisateur	Plasturgiste
Solvay	Non utilisateur	Producteur de polymères

Tableau 13A: Valeur énergétique des polymères (Patel M. et *al.*, 2003)

Matériau	Energie dégagée (KJ/kg)
PLA	17,9
Polymères à base d'amidon	13,6
Polyéthylène	41
Polypropylène	40
Polystyrène	37
Gasoil	46
Diesel	44,4
Kérosène	42,6

Tableau 14A : Comparaison des coûts des différents types de valorisation y compris la mise en décharge (Smith A. et *al.*, 2001)

Coûts moyens (euro/t)	Compostage	Incinération	Recyclage	Mise en décharge
Dans EU (15)	35 - 50	64	300	56
Belgique	nd	83	nd	63

Tableau 15A : Comparaison des Analyses de cycle de vie de films à base de MATER-BI et de PE

	Unité fonctionnelle	Energie non renouvelable nécessaire pour la production (MJ/unité de fonction)	Mode d'élimination	Emission de gaz à effet de serre (kg CO ₂ eq/unité)	Précurseurs d'ozone g eth eq	Acidification g SO ₂ eq	Eutrophisation
Mater-BI film	100m ² , 20µm	133	Compostage	2,98	14,0	26,5	2,8
PE film	100m ² , 150µm	1340	80% incinération, 20% mise en décharge	66,70	180	238	15,0
Mater-BI film (2)	100 m ² , 150µm	997,5	Compostage	22,35	105	198,75	21

Les critères pris en compte sont :

- L'énergie non renouvelable nécessaire depuis l'extraction des matières premières jusqu'aux produits finis (pétrole, gaz naturel, charbon)
- L'émission de gaz à effet de serre : CO₂ « fossile », N₂O, CH₄
- Les précurseurs d'ozone ou formation d'oxydants photochimiques, sous certaines conditions climatiques, les émissions atmosphériques réagissent avec les photons solaires pour former du NO_x conduisant à la formation d'ozone
- Acidification : émission de NO_x, SO_x, HCl conduisant aux pluies acides
- Eutrophisation: Introduction de nutriments sous forme de composés azotés ou phosphatés qui conduit à la prolifération des algues

II. Liste des figures

Figure 1A : Répartition géographique des agriculteurs interrogés

Carte issue de <http://www.idearts.com/city/>



Figure 2A : Schéma de production de Sulfonate d'alkyle benzène linéaire (www.lasinfo.org/)

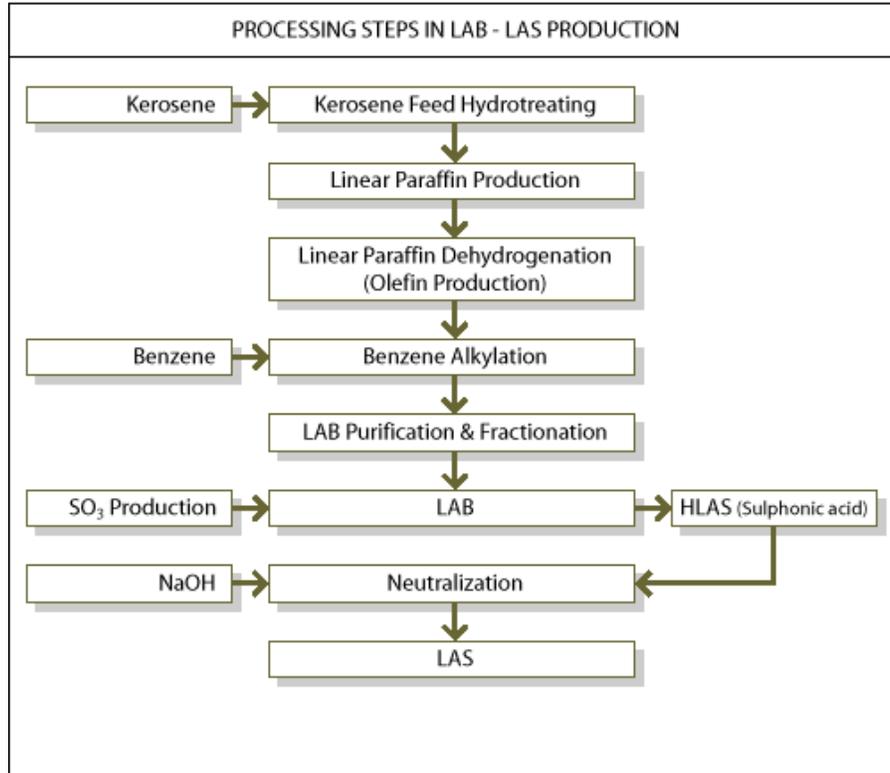


Figure 3A : Synthèse de AES

1^{ère} étape : condensation d'oxyde d'éthylène sur l'alcool gras

Par voie pétrochimique, l'alcool gras est obtenu par cracking catalytique ou par oligomérisation de l'éthylène (procédé Ziegler) suivi d'une condensation sur l'alcool gras de l'oxyde d'éthylène selon la réaction :



2^{ème} étape : sulfatation

La sulfatation est réalisée par estérification avec l'acide sulfurique ou l'anhydride sulfurique. On obtient ainsi $R-O-(CH_2CH_2O-)_x-SO_3^-H^+$

3^{ème} étape : neutralisation

En neutralisant l'ester d'acide sulfurique par le NaOH, on obtient du $R-(O-CH_2-CH_2)_x-O-SO_3^-Na^+$ (R= acide laurique).

Figure 4A : Etapes de production des alcools gras ethoxylés

1. Formation d'alcool gras

Les alcools gras peuvent être obtenus par voie pétrochimique ou par voie oléochimique.

a. Par voie pétrochimique

- Par le procédé Ziegler

Polycondensation de l'éthylène sur un organométallique de type TriméthylAluminium puis hydrolyse

- Par le procédé OXO

Hydroformilation d'une oléfine

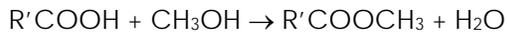


b. Par voie oléochimique

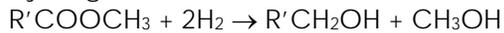
Les alcools gras sont obtenus par hydrogénation des acides gras méthylés.

Hydrolyse des triglycérides

Estérification avec le méthanol



Hydrogénation



2. Ethoxylation par l'éthylène oxide (ou oxirane)

L'éthylène est converti en éthylène oxyde par réaction avec l'oxygène en présence d'un catalyseur métallique.

L'ethoxylation se fait suivant la réaction :

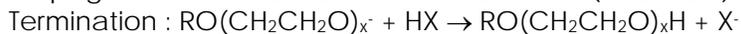
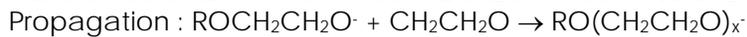


Figure 5A : Schéma de production d'alkylpolyglycosides

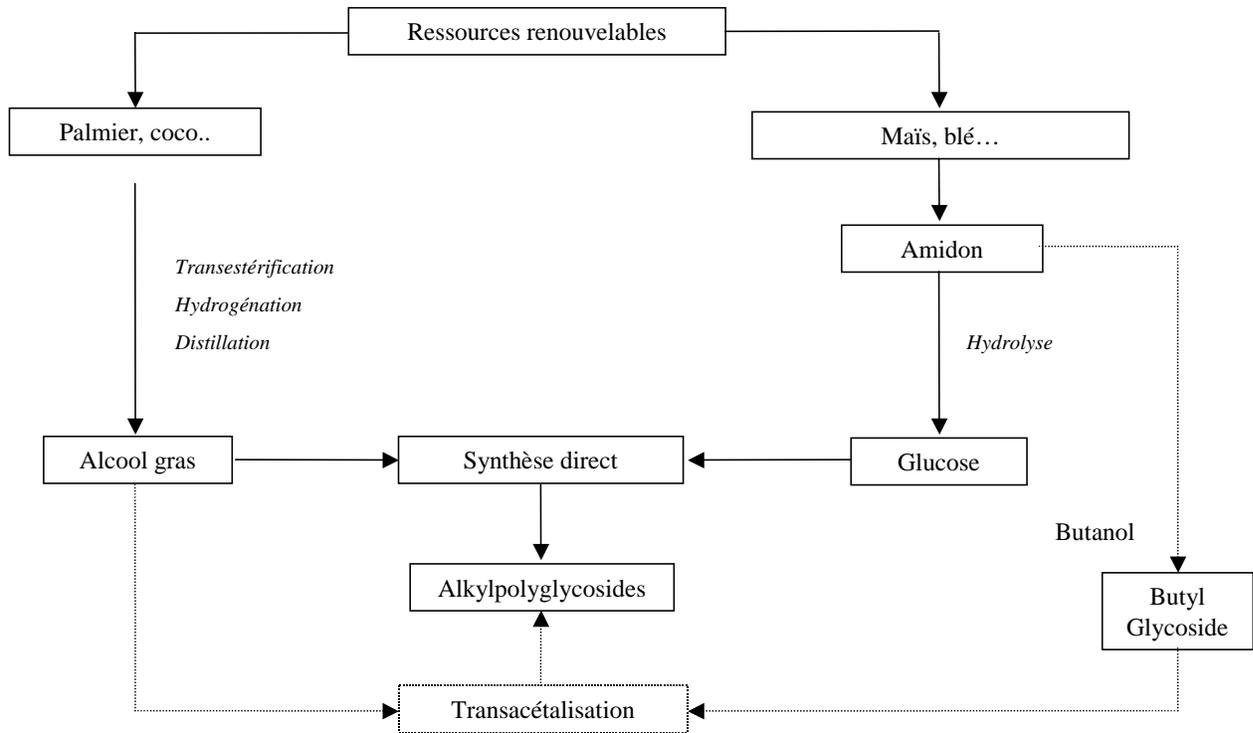


Figure 6A : Schéma de production des alkylglucamides

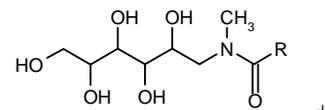
Par synthèse chimique

La réaction se fait en deux étapes :

1^{ère} étape : hydrogénation du sirop de glucose en présence d'un catalyseur (Ni de Raney)



2^{ème} étape : acylation du polyol d'amine secondaire par un ester méthylique d'acides gras avec formation d'un produit secondaire, le méthanol



polyol amine secondaire + méthyle ester d'acides gras → méthanol

L'inconvénient majeur de cette voie est que la réaction n'est pas spécifique et nécessite une étape de protection/déprotection des groupements. De plus, il y a formation de sel co-produit avec l'amide au cours de la réaction de Schotten - Baumann.

Figure 7A : Schéma de production de polylactides

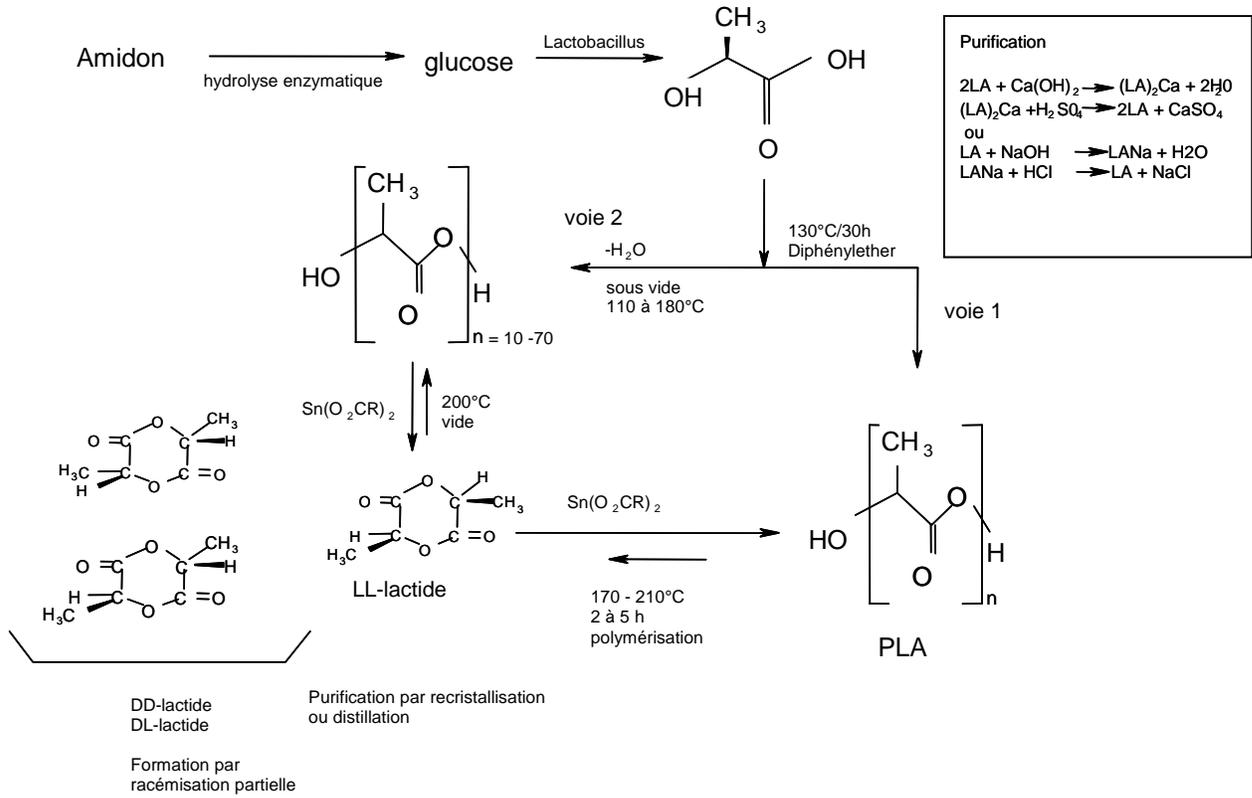


Figure 8A : Schéma de production des polymères à base d'amidon

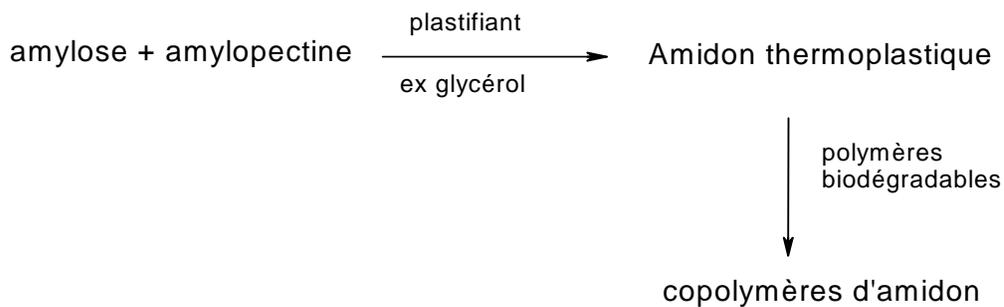
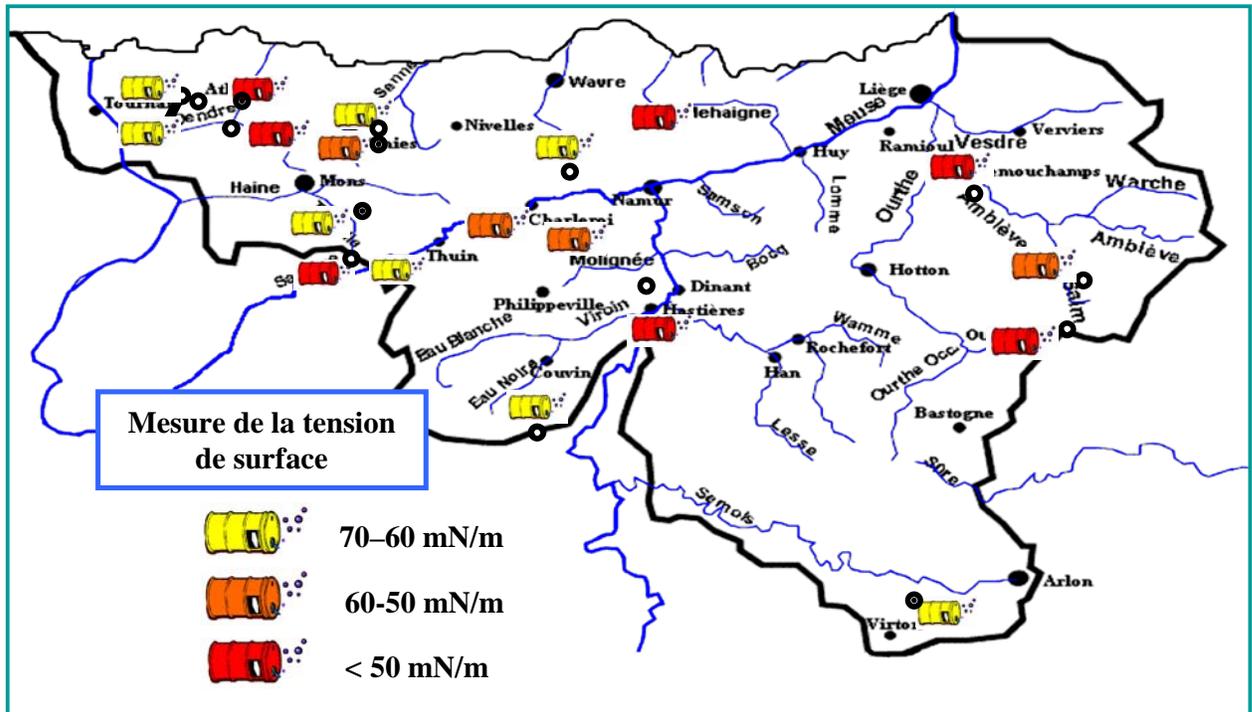


Figure 11A : Cartographie des points de prélèvement et les valeurs des tensions de surface



III. Analyse Bibliographique

1A. Exemple de formulations de produits vaisselles à la main et shampoings

Quelques exemples de formulations de produits vaisselles à la main et de shampoings sont donnés en exemple ci-dessous.

Tensioactifs :

LAS : 10%

Sodium lauryl sulfate : 5%

Ethanol : 15%

2-butoxy ethanol: 12%

Agent tampon

Triéthanolamine: 1%

Conservateurs :

Méthylparabène : 0,2%

Autres :

Eau : 56,8%

Formulation de produit de lavage vaisselle haut de gamme (Parant B., ADEME)

LAS : 29%

Lauryléther sulfate : 7,25%

Diéthanolamide de coprah: 2%

Aminoxyde C12 : 1%

Parfum : 0,5%

Conservateur : 0,1%

Eau : qsp 100%

Formule de Procter and Gamble (Dreft)

Alcool ethoxylé C9-11 : 1-5%

Amines, C10-16 alkyldimethyl, N-oxides: 5-10%

Ethanol : 1-5%

S.O. Alkyl ethoxsulph. Fat.alc. (AEO.6) : 20-30%

Dans la formulation des liquides vaisselles, le LAS est le tensioactif principal qui apporte la propriété de détergence avec une proportion allant jusqu' à 30%.

On assiste actuellement des produits pouvant contenir 2 à 6% d'alkylpolyglycosides.

La formulation d'un shampoing conditionnant selon McIntyre Group :

Sodium laureth sulfate à 26% : 15,5%

Ammonium lauryl sulfate à 28% : 15%

Cocoamphocarboxypropionate à 38% : 12,5%

Lauramide DEA : 3%

TWEEN 20 polysorbate 20 : 2%

Eau: 50,6%

Soyaethyl morpholinium ethosulfate: 1,4%

Acide citrique: q.s.

Formulation d'un shampoing gel douche (Pentapharm)

Sodium laureth sulfate : 35%

Decyl glucoside: 5%

Fragrance: 0,6%
Phenoxyethanol (et) ethylparaben (et) butylparaben : 0,3%
Sodium chloride : 2%
Benzoate : 0,3%
Citric acid : 0,1%
Eau: 45,7%
Cocamidopropyl betaine: 5%
Saccharide isomerate : 3%
Sericin : 3%

Shampooing conditionnant (Cognis France)
Sodium laureth sulfate: 30%
Cocoglucoside: 1,5%
Propylene glycol, phenoxy-ethanol, chlorphenesin and methylparaben: 2,5%
Decylglucoside: 4%
Cocamidopropyl betaine: 6%
Laureth-2: 1%
Sodium chloride: 1%
PEG-7-Glyceryl cocoate: 0,5%
Fragrance: 0,3%
Aqua qs to 100

2A. Les différents types de polymères

a. Les polymères synthétisés par les plantes

Les polymères à base d'amidon (TPS; thermoplastic starch)

Sous l'effet de la température et des efforts de cisaillement, des films d'amidon peuvent être obtenus en ajoutant un plastifiant tels que l'eau, le glycérol, l'urée, etc.

Ce film est très biodégradable. En effet, les tests ont montré qu'après deux jours, la dégradation de la chaîne carbonée atteint déjà 100% et l'assimilation microbienne est entre 82 et 90%. Son inconvénient majeur réside au niveau de ses propriétés mécaniques (faible résistance physique) et sa perméabilité à l'eau. Ces inconvénients sont améliorés en le mélangeant avec d'autres polymères plus résistants comme la PCL ou le PVA ou par la mise en oeuvre de nanocomposite.

Les polymères à base de cellulose

Les celluloses sont thermofusibles et doivent subir des transformations chimiques pour obtenir un matériau convenable. La cellophane est le plus connu des polymères dérivés de la cellulose. D'autres dérivés sont possibles comme l'acétate de cellulose ou l'acétobutyrate de cellulose. On améliore ainsi sa thermoplasticité. Le degré de substitution doit être inférieur à 2,5 pour assurer une bonne biodégradabilité.

Les polymères à base de lignine

La lignine mélangée à de fibre de bois, de chanvre, de lin et traité thermiquement donne un matériau résistant pour fabriquer des panneaux en construction par exemple. En dissolvant la lignine dans du polyol tel le polyéthylène glycol et en la faisant réagir avec du diphénylméthane diisocyanate (MDI) en présence d'eau et de surfactant, des polymères de polyuréthanes sont obtenus.

Le caoutchouc

C'est un polymère naturel de la famille des polyisoprènes qui se trouve dans les plantes tel l'hévéa. La vulcanisation qui consiste à faire réagir du soufre par chauffage sur les doubles liaisons du polyisoprène donne un polymère élastique et malléable.

Polymères à base de protéine

- Le gluten est un exemple de protéine présent dans les céréales et qui pourrait être valorisable en polymères plastiques.
- Par contrôle de pH et de la température de la solution protéique extraite de soja, on obtient un polymère plus uniforme par déroulement de la protéine en unités plus petites. Ces molécules protéiques isolées peuvent être traitées chimiquement pour modifier la chaîne et atteindre les propriétés fonctionnelles exigées par l'utilisateur final.

Polymères à base d'huile

Des polymères de polyuréthanes, de polyamides, de polyesters ou de polyéthers sont obtenus après fonctionnalisation des insaturations sur certaines chaînes d'acides gras par action d'anhydride maléique par exemple.

b. Les polymères synthétisés à partir des monomères issus de fermentation des matières premières renouvelables

Le polymère d'acide lactique est le premier exemple dans cette classe.

L'acide lactique, produit par fermentation de matières premières renouvelables, peut être polymérisé par voie de synthèse chimique.

Dans le même type, le PGA (polymère d'acide glycolique) est obtenu par polymérisation de l'acide glycolique, produit de fermentation du sucre.

c. Les polymères synthétisés par les microorganismes

Des microorganismes sont capables de synthétiser des polymères en utilisant comme substrat des matières premières d'origine végétale comme le sucre ou l'huile.

Les polymères les plus connus sont les polyhydroxyalcanoates. Le PHB et le PHV sont des exemples de polymères synthétisés par les microorganismes.

3A. Les caractéristiques des polymères

a. La densité

Parmi les 4 polymères choisis, la PCL est la moins dense. La densité pourrait influencer la mise en œuvre du matériau. Ainsi, un matériau plus dense est généralement plus difficile à mettre en œuvre. De plus, le transport d'un polymère plus lourd est plus coûteux. Le choix d'une charge pour les composites sera également fonction de la densité de la matrice. Le lin par exemple, de densité relativement faible (1,45g/cm³) par rapport aux autres fibres conventionnelles telles les fibres de verre (2,54 g/cm³), est une bonne charge pour ces polymères.

b. Les températures caractéristiques

La température de fusion est importante pour la détermination de la température de mise en œuvre. En général, la température de mise en œuvre est de 20 à 100 °C supérieure à la température de fusion.

Elle est également importante pour le choix de charge des composites. La température de mise en œuvre ne doit pas induire une dégradation chez l'un ou l'autre matériau. La PCL a la plus basse température de fusion et se trouve à l'état dit « type cuir » à température ambiante. Les températures de transition vitreuse élevées des PLA et des polymères à base d'amidon limitent leurs propriétés.

c. Les propriétés mécaniques

La résistance à la traction et l'élongation maximum renseignent sur la fragilité du matériau. Le PBS est le plus résistant. Le PLA présente une élongation maximum faible ce qui le rend rigide et moins élastique par rapport aux autres matériaux.

d. La perméabilité

La perméabilité à l'eau et aux gaz est importante pour les emballages. Un bon emballage alimentaire par exemple ne doit pas être perméable à l'oxygène car il y a risque d'oxydation d'où rancissement.

De même, un matériau perméable à l'eau ne convient pas pour un emballage alimentaire car cela entraîne une dégradation du lipide et un changement de texture.

4A. Questionnaire à destination des agriculteurs

1. Quelle est la taille de votre exploitation ?

.....ha

2. Quelles sont vos activités ?

- Elevage uniquement
- Elevage (.....%) et culture (.....%)
- Culture uniquement

3. Avez-vous déjà entendu parler de la production agricole à des fins non alimentaires ?

- Oui
- Non (Si vous cochez non, vous pouvez arrêter de répondre ici. Merci de votre collaboration)

4. Produisez-vous à des fins non alimentaires ?

- Oui
- Non

Si vous avez répondu oui à la question, veuillez répondre aux questions des pages 2 et 3.

Si vous avez répondu non à la question, veuillez répondre aux questions des pages 4 et 5.

Si avez répondu OUI

5. Pourquoi avez-vous commencé à produire pour l'industrie du non alimentaire ?

.....
.....

6. Depuis combien de temps produisez-vous à des fins non alimentaires ?

- Moins d'un an
- Plus de cinq
- Entre un et deux ans
- Plus de dix ans
- Entre deux et cinq ans

7. Dans quelle proportion produisez-vous ?

.....% pour l'industrie du non alimentaire

.....% pour l'industrie de l'alimentaire

8. Avez-vous modifié votre production afin de satisfaire l'industrie de non alimentaire ?

- Non
- Oui

- Si oui, qu'avez-vous changé?

.....
.....

- Si oui, pourquoi y a t il eu des changement ?

.....
.....

9. Y a t il une différence de qualité entre les deux types de production ?

- Non
- Oui
 - Si oui, pouvez-vous expliquer pourquoi?

.....

10. Y a t il une différence de prix entre les produits vendus à l'industrie du non alimentaire et ceux vendus à l'industrie de l'alimentaire ?

- Non
- Oui
 - Si oui, pouvez-vous expliquer pourquoi?

.....
.....

11. Votre production a-t-elle augmenté grâce à l'industrie non alimentaire ?

- Non
- Oui, plus ou moins.....%

12. Si la demande augmentait seriez-vous à même de produire plus ?

- Non
- Oui

13. Avez-vous dû employer plus de personnel suite à la production pour l'industrie non alimentaire ?

- Non
- Oui

14. Pour quelles sociétés produisez-vous ?

.....
.....

15. Savez-vous quels produits sont fabriqués à base de votre production ?

- o Non
- o Oui
 - Si oui, lesquels ?

.....
.....

16. Existe-il une législation en ce qui concerne la production à des fins non alimentaires ?

- o Non
- o Oui
- o Je ne sais pas
 - Si oui, quelle(s) loi(s)?

.....
.....

17. Avez-vous reçu des subsides pour la production à des fins non alimentaire ?

- o Non
- o Oui

18. Y a t il beaucoup de concurrence dans le domaine de la production non alimentaire ?

- o Non
- o Oui

29. Quels sont les avantages de la production pour l'industrie non alimentaire ?

.....
.....

20. Quels sont les inconvénients de la production pour l'industrie non alimentaire ?

.....
.....

*Nous
vous remercions d'avoir répondu!*

Si vous avez répondu NON

21. Pourquoi ne produisez-vous pas pour l'industrie non alimentaire ?

.....
.....

22. Etes-vous au courant des possibilités qui existent dans ce domaine?

- Non Oui

23. Savez-vous quels types de productions sont à destination de l'industrie non alimentaire ?

- Non
 Oui
- Si oui, lesquels?
-

24. Pensez-vous qu'il serait intéressant de produire pour ces industries dans le futur?

- Non Oui Je l'ignore

Pourquoi?

.....

.....

(Si vous avez répondu non à cette question, vous pouvez arrêter de répondre au questionnaire ici)

25. Pensez-vous que votre production pourrait augmenter si vous produisiez pour l'industrie du non alimentaire?

- Non Oui

26. Existe-t-il une différence dans la qualité de production nécessaire pour l'alimentaire et le non alimentaire?

- Non Oui

27. Pensez-vous qu'il y ait une différence de prix entre les produits vendus à l'industrie du non alimentaire et ceux vendus à l'industrie de l'alimentaire ?

- Non Oui Je l'ignore

28. Existe-t-il une législation concernant la production pour l'industrie du non alimentaire?

- Non
 Oui
 Je ne sais pas

- Si oui, quelle(s) loi(s) ?

.....
.....

29. Pourriez-vous recevoir des subsides si vous produisez à des fins non alimentaires?

- Non
- Oui
- Je ne sais pas

30. Savez-vous si d'autres exploitants produisent à des fins non alimentaires?

- Non
 - Oui
- Si oui, dans quel(s) secteur(s)?

.....
.....

31. Quels sont les avantages de la production pour l'industrie du non alimentaire?

.....
.....

32. Quels sont les inconvénients de la production pour l'industrie du non alimentaire?.....

.....
.....

5A. Guide d'entretien pour les entreprises

Guide d'interview francophone pour les tensioactifs : utilisateurs

Introduction

Que sont, selon vous, les ressources renouvelables ?

Que sont les tensioactifs d'origine renouvelables ou « agro-tensioactifs » ?

(notre définition)

Utilisation

Avez-vous actuellement recours aux tensioactifs d'origine renouvelable ?

Lesquels ?

Depuis combien de temps les utilisez-vous ?

- Utilisez-vous d'autres tensioactifs auparavant ?
- Pourquoi avez-vous changé ?
- En remplacement de quels tensioactifs ?
- Quelles nouvelles propriétés vous apportent-ils ?

Quelles ressources renouvelables utilisez-vous ?

- Pourquoi avoir choisi ceux-là ?
- Savez-vous s'il existe d'autres alternatives ? (autres tensioactifs dans la même classe par exemple,...)

Rencontrez-vous de problèmes dus à l'utilisation de ces tensioactifs (dans la formulation, propriétés attendues, ventes,...) ?

Dans quels produits les utilisez-vous ?

- Les utilisez-vous dans tous vos produits ?
- Si non, pourquoi ?

Dans quelles mesures les utilisez-vous ?

- Si utilisation d'un mix, pourquoi utilisez-vous des matières premières mixtes et non uniquement des matières premières renouvelables ?

Information

Comment avez-vous obtenu de l'information sur les matières premières renouvelables ?

Pensez-vous disposer d'assez d'informations ?

- Si pas, quelle pourrait être une bonne source d'informations ?

Publicité/promotion

Quel est votre groupe cible ?

Vous servez-vous des matières premières renouvelables comme argument de vente ?

- Si pas, pour quelle raison ?

- Si oui, pensez-vous que le recours aux matières premières renouvelables est un plus pour l'image de votre entreprise ?

Quel a été l'impact du passage aux matières premières renouvelables sur vos ventes ?

Concurrence

Qui sont vos concurrents ?

Savez-vous s'ils ont recours aux matières premières renouvelables ?

Pensez-vous qu'il est important de jouer sur cet aspect ?

Aspect financier

Avez-vous dû faire des investissements particuliers pour mettre en place cette nouvelle politique ?

L'utilisation des matières premières renouvelables entraîne-t-elle de nouveaux coûts pour votre compagnie ?

Cela a-t-il des répercussions dans vos prix ?

Avez-vous reçu des subsides ou des avantages fiscaux de part le recours aux matières premières renouvelables ?

Gouvernement

Quel devrait être selon vous le rôle des politiques dans la mise en place de l'utilisation de matières premières renouvelables (conseils, subsides,...) ?

Savez-vous si la législation aborde ou abordera le recours aux matières premières renouvelables ?

- Si oui, quand pensez-vous ?

Conclusion

Quels avantages retirez-vous de cette utilisation ?

Quels sont les inconvénients auxquels vous devez faire face ?

Guide d'interview francophone pour les polymères : utilisateurs

Introduction

Que sont, selon vous, les ressources renouvelables ?

Que sont les polymères d'origine renouvelable ?

La biodégradabilité des emballages est-elle importante ?

Que signifie pour vous « biodégradable » ?

(notre définition)

Utilisation

Avez-vous actuellement recours aux polymères d'origine renouvelable ?

Lesquels ?

Depuis combien de temps les utilisez-vous ?

- Utilisez-vous d'autres polymères auparavant ?
- Pourquoi avez-vous changé ?
- En remplacement de quels polymères ?
- Quelles nouvelles propriétés vous apportent-ils ?

Quelles ressources renouvelables utilisez-vous ?

- Pourquoi avoir choisi ceux-là ?
- Savez-vous s'il existe d'autres alternatives ? (autres tensioactifs dans la même classe par exemple,...)

Rencontrez-vous de problèmes dus à l'utilisation de ces polymères (dans la formulation, propriétés attendues, ventes,...) ?

Dans quels emballages les utilisez-vous ?

- Les utilisez-vous dans tous vos produits ?
- Si non, pourquoi ?

Dans quelles mesures les utilisez-vous ?

- Si utilisation d'un mix, pourquoi utilisez-vous des matières premières mixtes et non uniquement des matières premières renouvelables ?

Information

Comment avez-vous obtenu de l'information sur les matières premières renouvelables ?

Pensez-vous disposer d'assez d'informations ?

- Si pas, quelle pourrait être une bonne source d'informations ?

Publicité/promotion

Quel est votre groupe cible ?

Vous servez-vous des matières premières renouvelables comme argument de vente ?

- Si pas, pour quelle raison ?
- Si oui, pensez-vous que le recours aux matières premières renouvelables est un plus pour l'image de votre entreprise ?

Quel a été l'impact du passage aux matières premières renouvelables sur vos ventes ?

Concurrence

Qui sont vos concurrents ?

Savez-vous s'ils ont recours aux matières premières renouvelables ?

Pensez-vous qu'il est important de jouer sur cet aspect ?

Aspect financier

Avez-vous dû faire des investissements particuliers pour mettre en place cette nouvelle politique ?

L'utilisation des matières premières renouvelables entraîne-t-elle de nouveaux coûts pour votre compagnie ?

Cela a-t-il des répercussions dans vos prix ?

Avez-vous reçu des subsides ou des avantages fiscaux de part le recours aux matières premières renouvelables ?

Gouvernement

Quel devrait être selon vous le rôle des politiques dans la mise en place de l'utilisation de matières premières renouvelables (conseils, subsides,...) ?

Savez-vous si la législation aborde ou abordera le recours aux matières premières renouvelables ?

- Si oui, quand pensez-vous ?

Conclusion

Quels avantages retirez-vous de cette utilisation ?

Quels sont les inconvénients auxquels vous devez faire face ?

Guide d'interview francophone pour les tensioactifs : non-utilisateurs

Introduction

Que sont, selon vous, les ressources renouvelables ?

Que sont les tensioactifs d'origine renouvelables ou « agro-tensioactifs » ?
(notre définition)

Utilisation

Avez-vous actuellement recours aux tensioactifs d'origine renouvelable ?

- Si non, quels sont les points faibles de ces tensioactifs ?

Pensez-vous y avoir recours prochainement ?

- Si pas, ne pensez-vous pas que cela puisse être un argument de vente ?
- Si pas, une demande croissante pour des produits à base ces tensioactifs serait-elle un argument suffisant pour vous motiver à laisser de côté les tensioactifs conventionnels ?
- Si oui,

Pourquoi allez-vous passer aux tensioactifs d'origine renouvelable ?

Quels tensioactifs allez-vous utiliser ?

- Pourquoi avoir choisi ceux-là ?
- Savez-vous s'il existe d'autres alternatives ?

Dans quels produits allez-vous les utiliser ?

- Allez-vous les utiliser dans tous vos produits ?
- Si non, pourquoi ?

Dans quelles mesures allez-vous les utiliser ?

- Si utilisation d'un mix, pourquoi allez-vous utiliser des matières premières mixtes et non uniquement des matières premières renouvelables ?

Allez-vous utiliser cet aspect comme argument de vente ?

- Si non, pourquoi ?
- Si oui, pensez-vous que cela influencera l'image de votre compagnie ?

Information

Comment avez-vous obtenu de l'information sur les matières premières renouvelables ?

Pensez-vous disposer d'assez d'informations ?

- Si pas, quelle pourrait être une bonne source d'informations ?

Publicité/promotion

Quel est votre groupe cible ?

Concurrence

Qui sont vos concurrents ?

Savez-vous s'ils ont recours aux matières premières renouvelables ?

Pensez-vous qu'il est important de jouer sur cet aspect ?

Aspect financier

Pensez-vous que l'implémentation des ressources renouvelables requiert de gros investissements ?

Pensez-vous que l'utilisation de matières premières renouvelables sera plus coûteux ?

Pensez-vous que cela aura une influence sur les prix pratiqués ?

Savez-vous s'il existe des subsides ou des réductions fiscales lorsque l'on utilise les ressources renouvelables ?

Gouvernement

Quel devrait être selon vous le rôle des politiques dans la mise en place de l'utilisation de matières premières renouvelables (conseils, subsides,...) ?

Savez-vous si la législation aborde ou abordera le recours aux matières premières renouvelables ?

- Si oui, quand pensez-vous ?

Conclusion

Quels avantages retirez-vous de cette utilisation ?

Quels sont les inconvénients auxquels vous devez faire face ?

Guide d'interview francophone pour les polymères : non-utilisateurs

Introduction

Que sont, selon vous, les ressources renouvelables ?

Que sont les polymères d'origine renouvelable ?

(notre définition)

La biodégradabilité des emballages est-elle importante ?

Que signifie pour vous « biodégradable » ?

Utilisation

Avez-vous actuellement recours aux polymères d'origine renouvelable ?

- Si non, quels sont les points faibles de ces polymères ?

Pensez-vous y avoir recours prochainement ?

- Si pas, ne pensez-vous pas que cela puisse être un argument de vente ?
- Si pas, une demande croissante pour des produits à base ces polymères serait-elle un argument suffisant pour vous motiver à laisser de côté les polymères conventionnels ?
- Si oui,

Pourquoi allez-vous passer aux polymères d'origine renouvelable ?

Quels tensioactifs allez-vous utiliser ?

- Pourquoi avoir choisi ceux-là ?
- Savez-vous s'il existe d'autres alternatives ?

Dans quels emballages allez-vous les utiliser ?

- Allez-vous les utiliser dans tous vos produits ?
- Si non, pourquoi ?

Dans quelles mesures allez-vous les utiliser ?

- Si utilisation d'un mix, pourquoi allez-vous utiliser des matières premières mixtes et non uniquement des matières premières renouvelables ?

Allez-vous utiliser cet aspect comme argument de vente ?

- Si non, pourquoi ?
- Si oui, pensez-vous que cela influencera l'image de votre compagnie ?

Information

Comment avez-vous obtenu de l'information sur les matières premières renouvelables ?

Pensez-vous disposer d'assez d'informations ?

- Si pas, quelle pourrait être une bonne source d'informations ?

Publicité/promotion

Quel est votre groupe cible ?

Concurrence

Qui sont vos concurrents ?

Savez-vous s'ils ont recours aux matières premières renouvelables ?

Pensez-vous qu'il est important de jouer sur cet aspect ?

Aspect financier

Pensez-vous que l'implémentation des ressources renouvelables requiert de gros investissements ?

Pensez-vous que l'utilisation de matières premières renouvelables sera plus coûteux ?

Pensez-vous que cela aura une influence sur les prix pratiqués ?

Savez-vous s'il existe des subsides ou des réductions fiscales lorsque l'on utilise les ressources renouvelables ?

Gouvernement

Quel devrait être selon vous le rôle des politiques dans la mise en place de l'utilisation de matières premières renouvelables (conseils, subsides,...) ?

Savez-vous si la législation aborde ou abordera le recours aux matières premières renouvelables ?

- Si oui, quand pensez-vous ?

Conclusion

Quels avantages retirez-vous de cette utilisation ?

Quels sont les inconvénients auxquels vous devez faire face ?

6A. Questionnaire à destination des consommateurs

1. Etes-vous la personne qui fait habituellement les courses du ménage ?

Oui

Non (Pourrais-je lui parler ?)

2. Lorsque je vous dis, « produits naturels », quels sont les trois premiers produits/catégories de produits qui vous viennent à l'esprit ?

.....

3. Est-ce que les mots suivants vous font penser aux produits naturels ?

	Tout à fait d'accord	D'accord	Plus ou moins d'accord	Pas d'accord	Pas du tout d'accord
Biodégradable					
Sain					
Cher					
Environnement					
« Bio »					
Label					
Qualité					
Fermier					

4. Avez-vous déjà entendu parler ou vu des éco-labels ? Il s'agit par exemple de la petite fleur européenne.

Oui Non

5. Veuillez indiquer dans quelle mesure vous acquiescez cet énoncé. Veuillez répondre par oui, non ou je ne sais pas.

Il est intéressant pour un produit d'avoir un éco-label parce que ça indique que le produit ...

Est fait à base de plantes	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas
A un prix imposé par le gouvernement	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas
A un emballage recyclable	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas
Est bon pour la santé	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas
Est bon marché	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas
Est naturel	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas
Est biodégradable	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas
(Autre)	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Je ne sais pas

A stade de l'étude, j'aimerais vous indiquer ce que nous entendons par produits naturels. Un produit naturel est un produit fait à base de plante. Pour cette étude, nous parlerons uniquement des produits non alimentaires du type détergents, shampoings, sacs poubelle...

6. Sur base de quels critères choisissez-vous votre shampoing ? (Réponse spontanée)

- | | |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> La marque | <input type="checkbox"/> En promotion |
| <input type="checkbox"/> L'odeur du produit | <input type="checkbox"/> Le type de cheveux |
| <input type="checkbox"/> Le prix | <input type="checkbox"/> Eco-label |
| <input type="checkbox"/> La forme de la bouteille | <input type="checkbox"/> Il contient un soin |
| <input type="checkbox"/> L'habitude | <input type="checkbox"/> Produit fait à base de plantes |
| <input type="checkbox"/> L'expérience | <input type="checkbox"/> La couleur du produit |
| <input type="checkbox"/> Il m'a été recommandé | <input type="checkbox"/> Il fait une bonne quantité de mousse |
| <input type="checkbox"/> Le respect la peau et les cheveux | <input type="checkbox"/> (Autre)..... |
| <input type="checkbox"/> Vu dans une publicité | |
| <input type="checkbox"/> L'efficacité, il lave bien | |

7. Lorsque vous achetez un shampoing, avez-vous déjà pris en compte la composition de celui-ci (en lisant l'étiquette)?

- Oui Non

8. Si un nouveau shampoing fait exclusivement à base de matières naturelles c'est-à-dire de plantes, voyait le jour, l'achèteriez-vous?

Certainement	Probablement	Peut-être	Probablement pas	Certainement pas

Passez à la question 10 si réponse = certainement pas

9. Et si ce nouveau produit était 5% plus cher ?

Certainement	Probablement	Peut-être	Probablement pas	Certainement pas

10. Pensez-vous qu'il est important qu'un produit naturel soit reconnaissable grâce à un éco-label ?

- Oui Non

11. Sur base de quels critères choisissez-vous votre liquide vaisselle ? (Réponse spontanée)

- | | |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> L'odeur du produit | <input type="checkbox"/> En promotion |
| <input type="checkbox"/> Le prix | <input type="checkbox"/> Il est biologique /l' emballage est biologique |
| <input type="checkbox"/> La forme de la bouteille | <input type="checkbox"/> Il a un éco-label |
| <input type="checkbox"/> L'habitude | <input type="checkbox"/> Efficacité, il dégraisse bien |
| <input type="checkbox"/> L'expérience | <input type="checkbox"/> Produit fait à base de plantes |
| <input type="checkbox"/> Il fait une bonne quantité de mousse | <input type="checkbox"/> Il est concentré, il ne faut pas en mettre beaucoup |
| <input type="checkbox"/> Il m'a été recommandé | <input type="checkbox"/> La couleur du produit |
| <input type="checkbox"/> Le respect de la peau | <input type="checkbox"/> (Autre)..... |
| <input type="checkbox"/> Vu dans une publicité | |
| <input type="checkbox"/> La marque | |
| <input type="checkbox"/> L'impact positif sur l'environnement | |

12. Lorsque vous achetez un liquide vaisselle, lisez-vous l'étiquette pour en connaître la composition ?

Oui

Non

13. Veuillez indiquer dans quelle mesure vous acquiescez cet énoncé. Veuillez répondre par oui, non. Quels sont, selon vous, les avantages d'un détergent naturel par rapport à un détergent classique?

- Il respecte l'environnement

Oui

Non

- Il est meilleur pour la peau

Oui

Non

- Il fait une bonne quantité de mousse

Oui

Non

- Il est plus efficace

Oui

Non

- Il est fait à base de plantes

Oui

Non

- Il a une meilleure odeur

Oui

Non

- Il est moins cher

Oui

Non

- Voyez-vous un autre avantage ?

Oui

Non

.....

14. Veuillez indiquer dans quelle mesure vous acquiescez cet énoncé. Veuillez répondre par oui, non

Quels sont, selon vous, les inconvénients d'un détergent naturel par rapport à un détergent classique?

- Il est plus cher

Oui

Non

- Il a une odeur désagréable

Oui

Non

- Il fait une mauvaise quantité de mousse

Oui

Non

- Il est moins efficace

Oui

Non

- Il n'est pas toujours disponible dans tous les magasins

Oui

Non

- Voyez-vous un autre inconvénient ?

Oui

Non

.....

15. Veuillez indiquer dans quelle mesure vous acquiescez cet énoncé. Veuillez répondre par oui, non

Je vais vous citer un certain nombre de marques de produits vaisselle naturels, avez-vous déjà entendu parler de certains de ces produits?

Ecover

Oui

Non

Froggy

Oui

Non

Biotop

Oui

Non

Klok éco

Oui

Non

Avez-vous entendu parler d'un autre?

Oui

Non

.....

16. Veuillez indiquer dans quelle mesure vous acquiescez cet énoncé. Veuillez répondre par oui, non

Avez-vous déjà utilisé l'un de ces produits ?

Ecover

Oui

Non

Froggy

Oui

Non

Biotop

Oui

Non

Klok éco

Oui

Non

Avez-vous déjà utilisé un

Oui

Non

autre?.....

17. Utilisez-vous des sacs en plastiques lorsque vous faites vos courses ?

- Oui, des sacs jetables (vers Q18)
- Oui, des sacs réutilisables (vers Q19)
- Oui, des sacs réutilisables et des sacs jetables (vers Q 18 et Q19)
- Non (vers Q20)

18. Pourquoi utilisez des sacs plastiques jetables? (Réponse spontanée)

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Parce qu'ils sont disponibles à la caisse | <input type="checkbox"/> Parce que c'est pratique |
| <input type="checkbox"/> Parce ce qu'ils sont distribués gratuitement | <input type="checkbox"/> Parce que c'est résistant |
| <input type="checkbox"/> Parce qu'il n'y a pas d'autres possibilités | <input type="checkbox"/> Parce que je peux m'en servir comme sacs poubelle |
| | <input type="checkbox"/> (Autre)..... |

19. Pourquoi utilisez-vous des sacs plastiques réutilisables ? (Réponse spontanée)

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Parce qu'ils sont disponibles à la caisse | <input type="checkbox"/> Parce qu'il n'a pas d'autres alternatives |
| <input type="checkbox"/> Parce que c'est pratique | <input type="checkbox"/> (Autre)..... |
| <input type="checkbox"/> Parce que je peux m'en servir comme sacs poubelle | |
| <input type="checkbox"/> Parce que c'est résistant | |
| <input type="checkbox"/> Parce que c'est bien pour l'environnement | |

20. Pourquoi n'utilisez-vous pas de sacs plastiques? (Réponse spontanée)

- Parce qu'ils ne sont pas disponibles à la caisse
- Parce ce qu'ils sont payants
- Parce qu'il y a d'autres alternatives (caisses,...)
- Parce qu'après je ne sais pas quoi en faire
- Parce qu'ils ne sont pas solides
- Parce que ce n'est pas bien pour l'environnement
- (Autre).....

21. Que faites-vous de vos sacs plastiques jetables ? (Réponse spontanée)

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Je les jette | <input type="checkbox"/> Je les accumule |
| <input type="checkbox"/> Je les utilise comme sacs poubelle | <input type="checkbox"/> Je n'en utilise pas |
| <input type="checkbox"/> Je les réutilise pour faire d'autres courses | <input type="checkbox"/> (Autre)..... |

22. Savez-vous que la plupart des sacs en plastiques et des barquettes (type fruits et légumes) sont faits à base de pétrole ?

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
|------------------------------|------------------------------|

23. Savez-vous qu'actuellement certaines barquettes (type fruits et légumes) ainsi que certains sacs plastiques sont fait à base de plantes ?

Oui

Non

24. Pensez-vous que cela soit une bonne initiative ?

Oui

Non

25. Triez-vous vos déchets ? (*Réponse spontanée*)

Oui, je trie les verres

Non (*q27*)

Oui, je trie les PMC

Oui je trie les PMC et les verres

Oui, je trie les papiers

Oui, je trie les PMC et les papiers

Oui je trie les papiers et les verres

Oui je trie les PMC, les papiers et les verres

Oui, je trie les PMC, les papiers et les déchets de jardin/alimentaires

Oui, je trie les PMC, les papiers, les déchets de jardin/alimentaires et les verres

26. Si oui, pourquoi triez-vous vos déchets ? (*Réponse spontanée*)

Parce que c'est obligatoire

Parce c'est ça permet de faire des économies

Parce que c'est bien pour l'environnement

Par habitude

(Autre).....

27. Si non, pourquoi ne triez-vous pas vos déchets ? (*Réponse spontanée*)

Parce que ça prend du temps

Parce que je n'ai pas envie

Parce que ça sert à rien

Par habitude

(Autre).....

28. Etes-vous:

Un homme

Une femme

29. Quel âge avez-vous?

10-19

50-59

20-29

60-69

30-39

70-79

40-49

>80

30. Quel est le diplôme le plus haut obtenu ?

- Primaire
- Secondaire inférieur
- Secondaire supérieur
- Supérieur type court
- Supérieur type long
- Universitaire

31. Quel est votre état civil?

- Célibataire
- En couple
- Divorcé
- Veuf-ve

32. Quelle est votre profession?

- | | |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> A la recherche d'un emploi | <input type="checkbox"/> Profession libérale |
| <input type="checkbox"/> Ouvrier | <input type="checkbox"/> Indépendant |
| <input type="checkbox"/> Employé | <input type="checkbox"/> Etudiant |
| <input type="checkbox"/> Cadre | <input type="checkbox"/> Personne au foyer |
| <input type="checkbox"/> Agriculteur | <input type="checkbox"/> Pensionné |
| <input type="checkbox"/> Enseignant | |

33. Si pas de conjoint
Quelle est la profession de votre conjoint ?

- | | |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> A la recherche d'un emploi | <input type="checkbox"/> Profession libérale |
| <input type="checkbox"/> Ouvrier | <input type="checkbox"/> Indépendant |
| <input type="checkbox"/> Employé | <input type="checkbox"/> Etudiant |
| <input type="checkbox"/> Cadre | <input type="checkbox"/> Personne au foyer |
| <input type="checkbox"/> Agriculteur | <input type="checkbox"/> Pensionné |
| <input type="checkbox"/> Enseignant | |

34. De combien de personnes se compose votre ménage (personnes vivant sous un même toit), vous y compris ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

35. Combien d'enfants font partie de votre ménage ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

36. Diriez-vous que vous habitez en

- Milieu urbain
- Milieu rural
- Entre les deux ?

37. Quel est votre code postal ?

7A. Etude sur les détergents à base d'ingrédients issus de plantes

But de l'étude

Vérifier l'efficacité des produits nettoyants à base d'ingrédients issus de plantes et l'attrait pour ceux-ci du personnel d'entretien du CRA-W, l'objectif étant de remplacer les produits actuellement utilisés par leurs équivalents biologiques si les tests de ces derniers s'avèrent concluants.

Choix du type de produit testé

Il est impossible de demander au personnel de tester l'ensemble des produits utilisés pour l'entretien. Tout d'abord cela prendrait un temps considérable, ensuite le personnel se laisserait rapidement de faire ces tests et les résultats ne seraient donc plus fiables. De plus il n'existe pas d'équivalents biologiques pour tous les produits. Il est donc nécessaire de sélectionner une catégorie bien précise de produit.

Le produit le plus pertinent pour cette étude est le détergent pour le sol. En effet, il existe plusieurs gammes de produits biologiques qui proposent ce type de produit. De plus, il est assez facile de tester ce type de détergent sur le terrain et de contrôler les différents paramètres (taches, type de surface, température de l'eau utilisée,...).

Cinq produits ont été sélectionnés pour mener à bien cette étude : deux produits « classiques » (PC1 et PC2) et trois produits biologiques (PB1, PB2 et PB3).

Collecte de données

Collecte de données organisée en trois temps.

Etablissement de la liste des produits actuellement utilisés

Afin d'obtenir une liste complète des produits actuellement utilisés par les différents départements, un relevé des produits a été demandé à chaque département via un contact avec les directeurs de départements.

Cette étape a permis d'identifier les produits actuellement utilisés. Il s'avère que les types de produits, le responsable des achats,...diffèrent d'un département à l'autre. Actuellement quelques départements utilisent déjà des produits « biologiques » et en sont satisfaits.

Rencontre avec le personnel et définition des critères attendus

Afin de déterminer le type de surface, les zones attribuées à chaque membre du personnel, le type de matériel utilisé et les disponibilités des répondantes, une rencontre a été organisée dans chaque département participant à l'étude.

Cet entretien a permis aussi de déterminer les critères attendus par le personnel pour le choix des produits détergents.

Lors de cette rencontre, les zones qui ont servi de support pour l'étude ont été sélectionnées. Grâce à cette étape, le matériel (type de seaux, de serpillières,...) à acquérir pour mener à bien l'étude a été mis en évidence, l'enquêteur a eu la possibilité de reconnaître les lieux, de faire connaissance avec le personnel, de lui expliquer son rôle dans la bonne réalisation de l'exercice.

Test en « situation contrôlée »

Afin de réaliser les tests dans un délai raisonnable, à un coût moindre et de la façon la plus facilement mesurable pour les utilisateurs, les tests en « situation contrôlée » ont été préférés aux tests sur terrain en temps réel.

Il s'agit de tests réalisés dans un espace spécialement aménagé. Pour cette étude, il a été possible de combiner ces deux types de tests en quadrillant un local habituellement nettoyé par le personnel d'entretien. Le nettoyage des espaces prédéfinis a été réalisé sous la direction de l'enquêteur.

Chaque répondant s'est vu attribué un périmètre, celui-ci a été quadrillé en rectangles de +/- 6m². Des taches spécifiques (graisseuses et collantes) de taille identique ont été réalisées sur chaque segment. La matière des surfaces des répondants était parfois différente mais une même informante travaillait avec les différents produits un sol identique.

Le répondant a utilisé pour chaque produit un seau et une serpillière différente. Chaque testeur a travaillé avec du matériel propre. La dilution du produit a été réalisée par l'enquêteur et suivant les doses recommandées par le fabricant, le nom du produit étant caché au testeur.

L'ordre dans lequel les produits ont été testés a été déterminé aléatoirement grâce à un logiciel. Celui-ci a été modifié pour chaque répondant afin que chaque produit soit précédé un même nombre de fois par chaque autre produit.

Dans la mesure du possible les testeurs d'un même département ont fait l'exercice un même jour afin de limiter au maximum les biais dus aux interférences.

Après cette phase d'observation, un questionnaire (préalablement pré-testé afin d'évaluer la pertinence des questions) a été soumis aux répondantes afin qu'ils évaluent les caractéristiques des différents produits. A cette fin des échelles de Likert ont été utilisées. Chaque produit a reçu une évaluation après son utilisation afin que ses caractéristiques ne se mélangent pas avec celles des suivants.

Analyse de données

Une analyse statistique des données n'est pertinente que si l'échantillon comprend au moins 30 intervenants. L'étude a donc été appliquée à l'ensemble des départements du CRA-W afin de grossir l'échantillon. Le nombre de 32 répondants a finalement été atteint. Des graphiques représentant les scores moyens obtenus ont été représentés et un test en t sur les différences de moyennes a permis de déterminer les différences significatives existantes entre les produits sur les différents critères. Le seuil d'erreur des différences indiquées est inférieur ou égal à 5%.

Résultats

Evaluation détaillée

Huit critères ont été évalués : l'odeur, le respect de la peau, l'efficacité sur les taches de graisse, l'efficacité sur les taches collantes, la texture, la quantité de mousse, l'absence de trace de détergent au séchage et la nécessité de frotter.

Chacun de ces critères a fait l'objet d'une double évaluation, tout d'abord leur degré d'importance dans le choix du détergent en général (une côte de 1 à 10 devait être attribuée en fonction de l'importance du critère dans le choix) ensuite, pour chaque détergent, une évaluation critère par critère (selon une échelle de Likert ramenée sur une cote de 1 à 5).

Voici le détail des résultats pour chaque critère.

Le score attribué à chaque détergent pour les différents critères tient compte de l'importance accordée au critère.

$$\text{Score du détergent pour le critère } c = \sum(\text{score } c, n * \text{pondération } c, n)$$

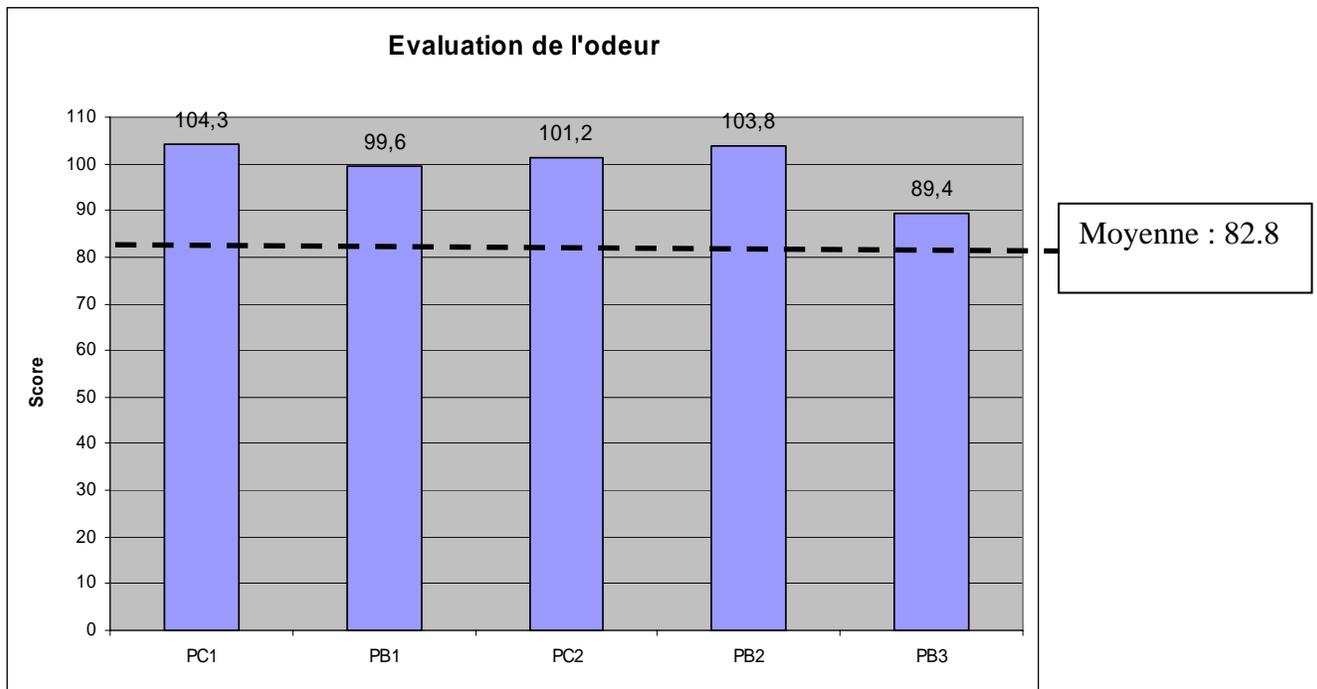
Le score moyen pour le critère calculé sur base de la pondération moyenne (accordée par l'ensemble des répondantes) et de l'appréciation médiane des critères (score 3 sur

l'échelle de Likert) est indiqué pour chaque graphique et permet de situer les scores attribués par les répondants par rapport à une situation d'indifférence.

$$\text{Score moyen du critère } c = (\sum \text{pondération } c, n) * 3$$

a. Evaluation de l'odeur

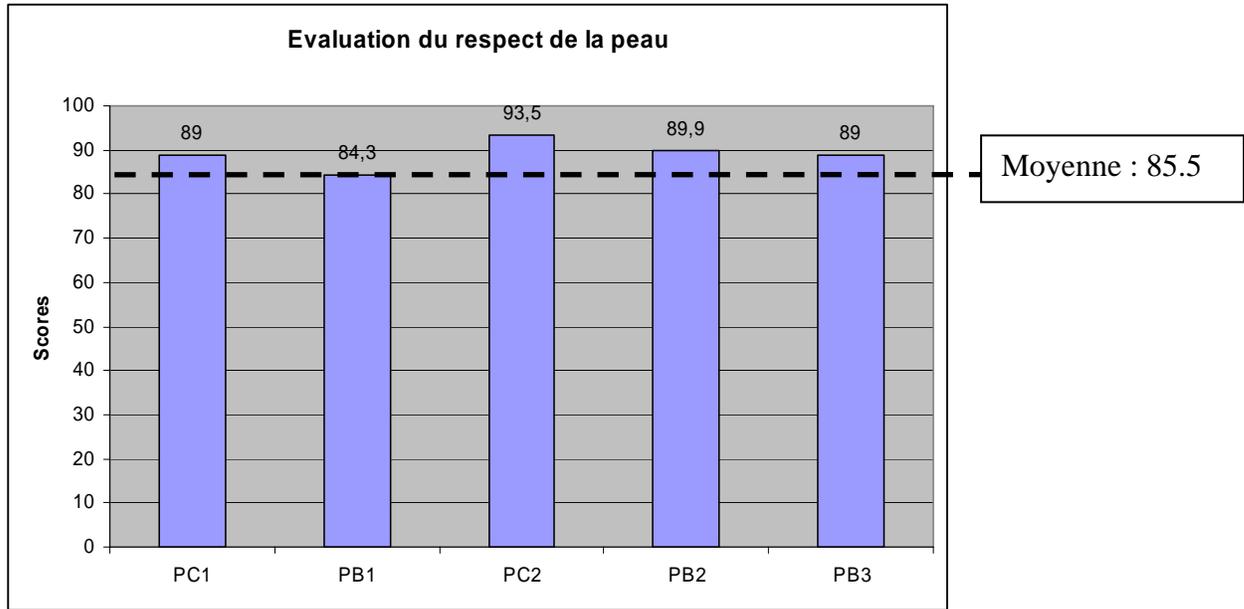
Le parfum du détergent est jugé comme étant un critère important (pondération moyenne de 0.86). Tous les détergents testés sont jugés satisfaisants en terme d'odeur, le produit biologique PB3 étant le moins attrayant. Ce dernier possède un parfum particulier qui est soit très apprécié, soit au contraire, très peu apprécié. Le produit classique PC1, avec un score de 104.3, domine de peu le produit biologique PB2 qui se situe à 103.8. Cependant, les différences ne sont pas significatives, les produits se valent donc en terme d'odeur.



b. Evaluation du respect de la peau

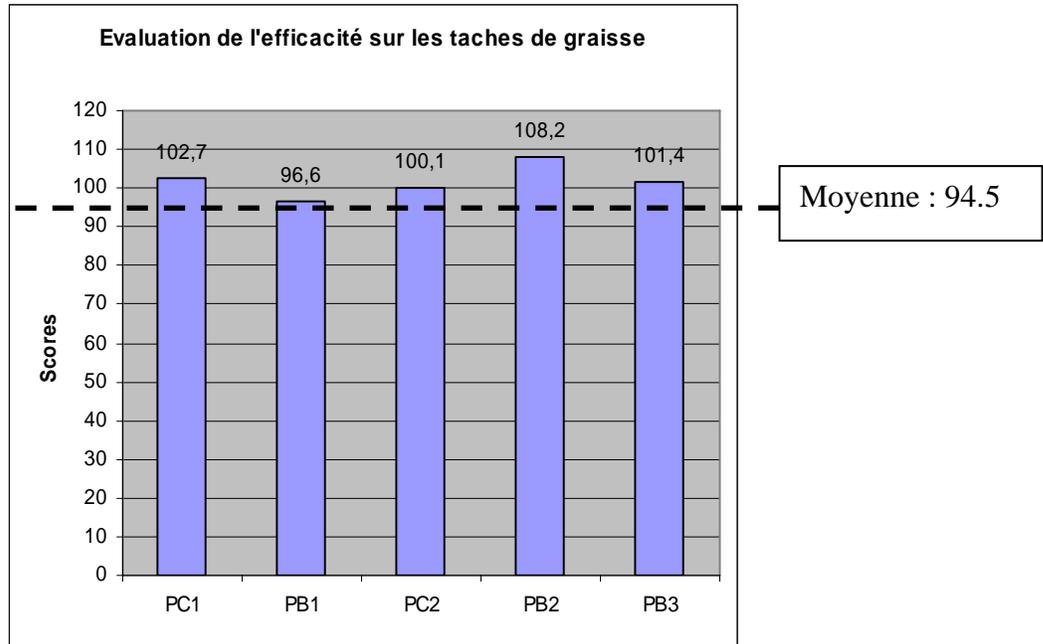
A nouveau ce critère a du poids dans le choix du détergent (pondération moyenne de 0.86). Etant donné que plusieurs répondantes utilisent des gants lors du nettoyage, le nombre de répondantes pour l'évaluation de ce critère est tombé à 29.

Pour ce critère, le produit classique PC2 dépasse ses concurrents mais cependant les différences ne sont pas significatives et ne permettent donc pas de différencier les produits sur ce critère.



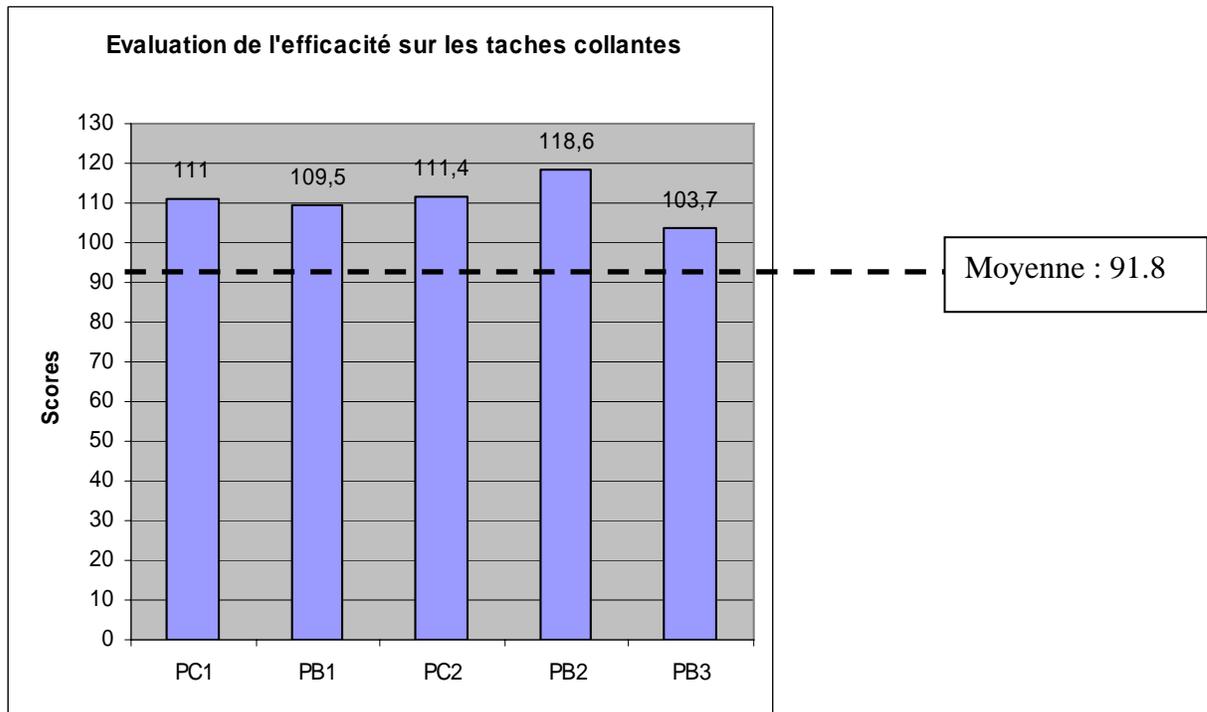
c. Evaluation de l'efficacité sur les taches de graisse

L'efficacité du détergent sur les taches en général et sur les taches de graisse en particulier est primordiale pour les informantes. La pondération moyenne s'élève à 0.98. Les taches de graisse réalisées pour le test étaient plus difficiles à nettoyer que les taches auxquelles les répondantes sont habituellement confrontées dans leur travail quotidien. Elles ont dû frotter afin de les faire disparaître. Le produit biologique PB2 a été le mieux coté pour cette caractéristique. Mais à nouveau le calcul du test en t montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les produits.



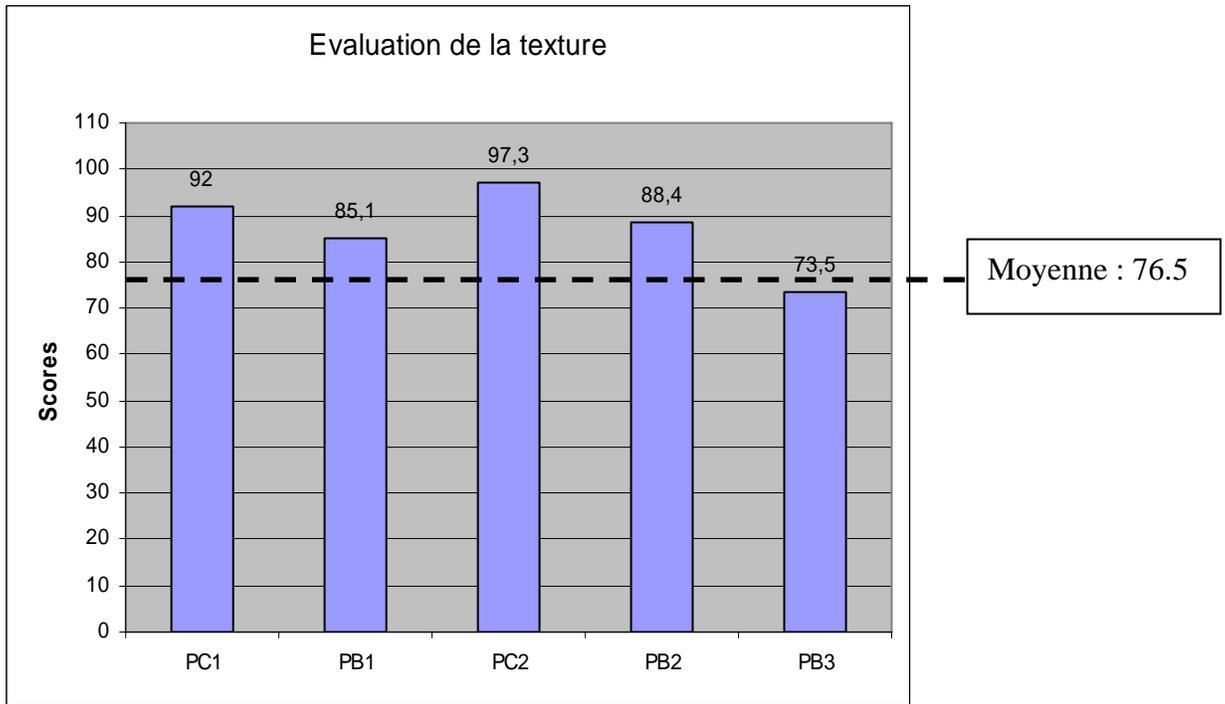
d. Evaluation de l'efficacité sur les taches collantes

La pondération moyenne pour ce critère est de 0.97. En ce qui concerne l'efficacité sur les taches collantes, les informantes étaient plus satisfaites de l'ensemble des produits. La tache test était assez facile à nettoyer. A nouveau tous les détergents se situent largement au-dessus de la moyenne et le produit biologique PB2 se détache. Cependant, pour le nettoyage de ce type de taches, le produit biologique PB3 est moins bien coté. Le produit PB2 est significativement supérieur au produit PB3 sur ce critère (avec seuil d'erreur de 5%).



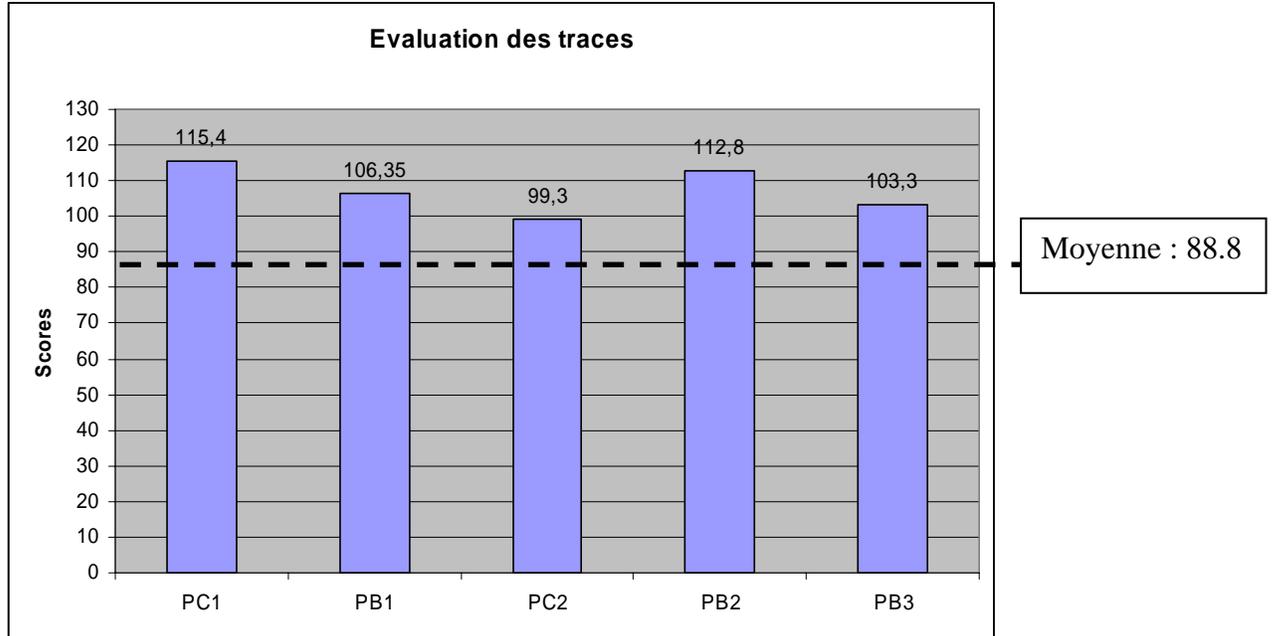
e. Evaluation de la texture

Avec une pondération de 0.80, la texture du produit est une caractéristique du produit jugée moins importante par les répondantes. Le produit biologique PB3 se situe en dessous de la moyenne et est le produit le moins bien coté avec un score de 73.5. Pour ce critère, le produit PB3 est significativement inférieur au autre produit. Le produit classique PC2 qui se détache avec un score de 97.3 et s'avère être significativement supérieur au produit PB1 (avec seuil d'erreur de 1%).



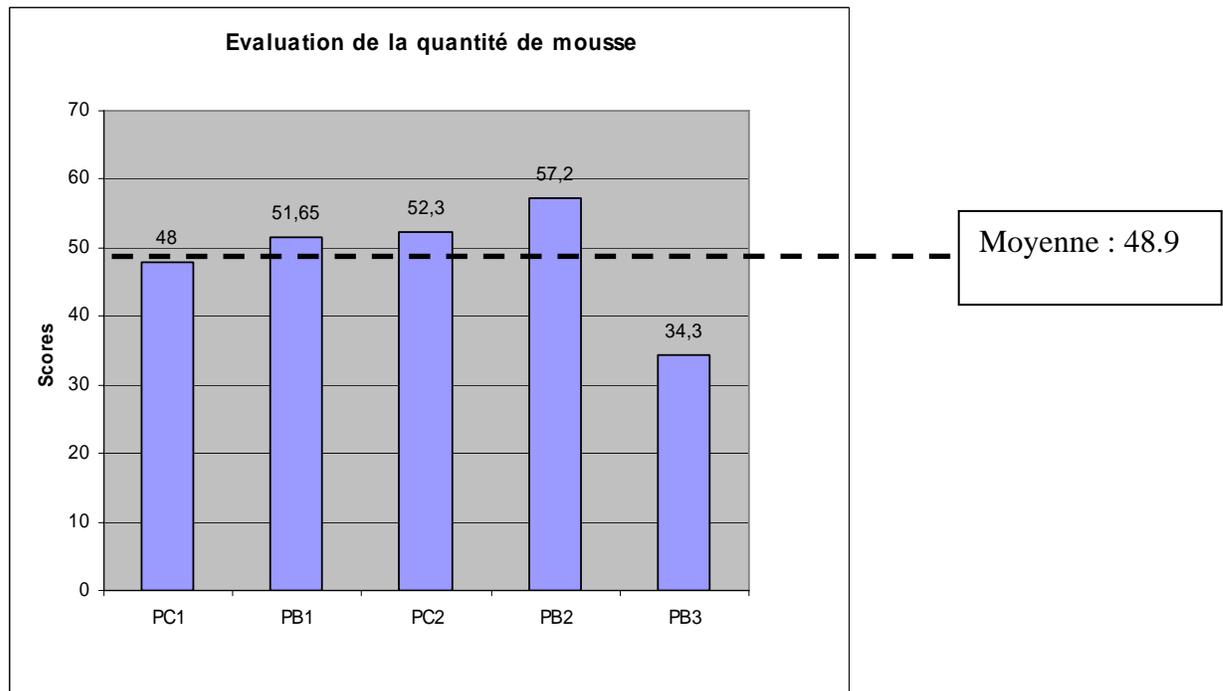
f. Evaluation des traces

Le fait qu'un détergent ne laisse pas de trace est un critère de choix important (pondération : 0.92). L'évaluation des traces montre que le produit classique PC1 est le plus efficace dans ce domaine, le produit classique PC2 étant le moins bien coté. Le produit PC1 est significativement supérieur au produit PC2 ce critère (seuil d'erreur de 6%).



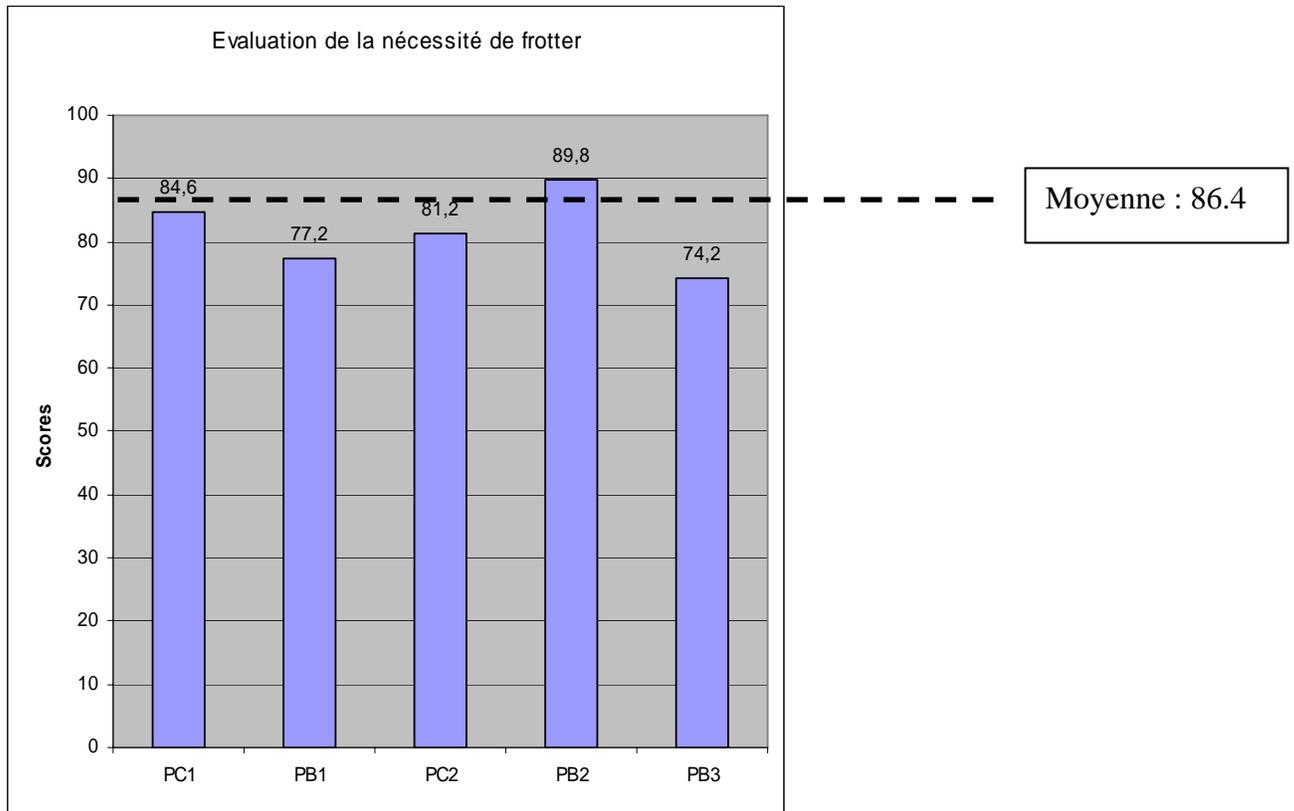
g. Evaluation de l'importance de la mousse

La bonne quantité de mousse est le critère le moins pris en compte dans le choix d'un détergent (pondération moyenne de 0.5). Dans ce domaine, les répondants sont peu satisfaits de deux des produits testés : Le produit classique PC1 et le produit biologique PB3 qui sont cotés tous les deux en dessous de la moyenne. Le calcul de la p-value met en évidence une faiblesse du produit PB3 par rapport aux autres produits. Le produit PC1 est significativement inférieur mais au seul produit PB2.



h. Evaluation de la nécessité de frotter

La nécessité de frotter est un critère pris en compte dans le choix des détergents (pondération : 0.9). Dans le cadre des tests effectués, les taches de graisse n'étaient pas facile à nettoyer, voilà ce qui explique le faible score reçu par les différents produits. Trois d'entre eux se situent même en dessous de la moyenne : le produit biologique PB1, le produit classique PC2 et le produit biologique PB3. Le produit biologique PB2 est le détergent se démarquant le plus avec un score de 89.8. Ces produits se valent cependant tous, la seule différence significative relevée est la supériorité du produit PB2 par rapport au produit PB3.



Voici un tableau récapitulatif de tous ces critères classés par ordre croissant d'importance. On observe une relative équivalence entre les différents produits pour les critères étudiés. Une faiblesse est observée en ce qui concerne le produit PB3. Par contre le produit PB2 devance par trois fois l'un ou l'autres de ces concurrents sur des critères précis.

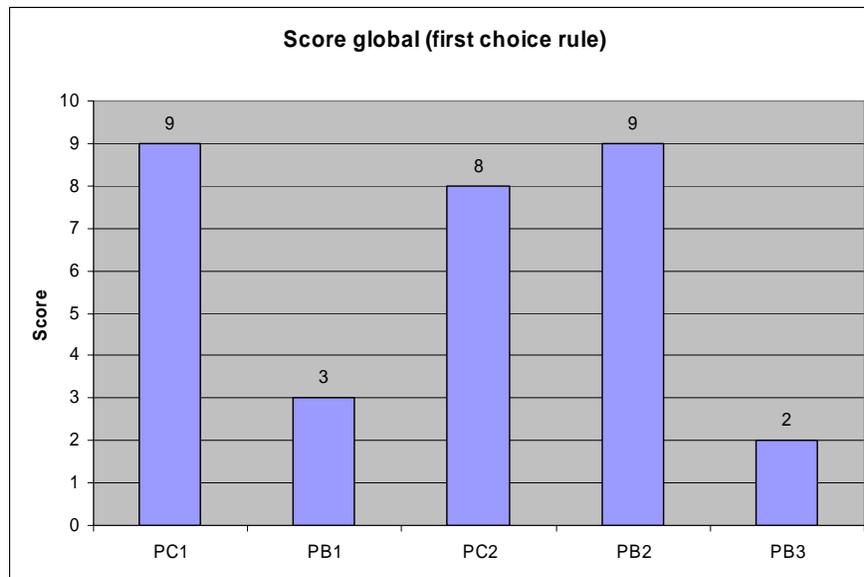
	Quantité de mousse (0.5)	Texture (0.80)	Respect de la peau (0.86)	Odeur (0.86)	Nécessité de frotter (0.9)	Traces (0.92)	Taches collantes (0.97)	Taches de graisse (0.98)
PC1	48	92	89	104.3	84.6	115.4	111	102.7
PB1	51.65	85.1	87	99.6	74.5	106.35	109.5	96.3
PC2	52.3	97.3	93.5	101.2	81.2	99.3	111.4	100.1
PB2	57.2	88.4	89.9	103.8	89.8	112.8	118.6	108.2
PB3	34.3	73.5	89	89.4	74.2	103.3	103.7	101.4
	PB2>PC1 et PC1, PC2, PB1, PB2>PB3	PC2>PB1 et PC1, PC2, PB1, PB2>PB3	Les produits se valent	Les produits se valent	PB2>PB3	PC1>P C2	PB2>PB3	Les produits se valent

Evaluation globale

Suite à l'évaluation critère par critère, une évaluation globale a été menée.

Deux méthodes ont été envisagées : la «first choice rule» et la « share preference rule ».

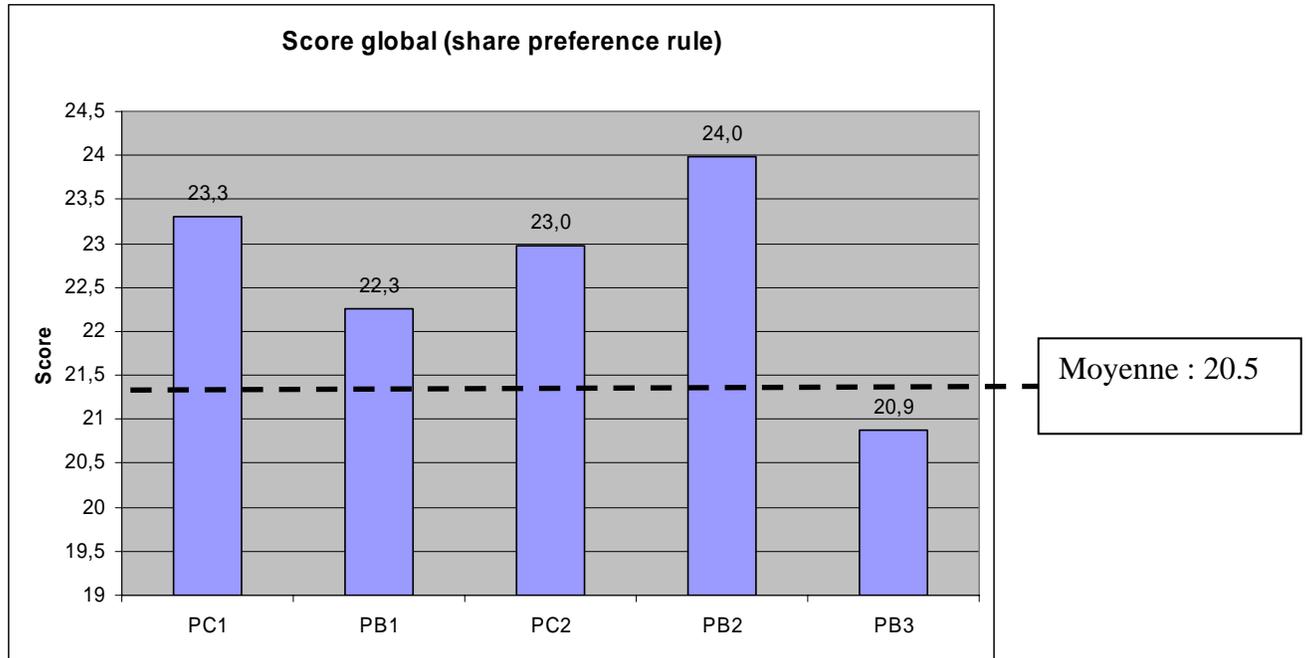
La « first choice rule » considère que le détergent ayant obtenu le score le plus élevé et néglige les autres. L'attribution des scores est donc binaire. Selon cette méthode, le produit biologique PB2 et le produit classique PC1 ont été choisis un nombre égal de fois (n=9). Le produit classique PC2 les talonne en ayant été sélectionné huit fois. Par contre le produit biologique PB3 et le produit biologique PB1 n'ont été sélectionnés que deux et trois fois.



La « share preference rule » réalise une moyenne des scores obtenus par les critères des produits. Cette solution semble plus pertinente car elle prend en compte l'ensemble des scores obtenus.

Cette technique d'analyse sélectionne le produit biologique PB2 comme produit préféré avec un score de 23.9. Ce dernier est suivi de très près par le produit classique PC1 avec 23.3.

Il est cependant remarquable que tous les scores des détergents oscillent entre 20.8 et 23.9 et se situent tous au-dessus de la moyenne qui s'élève à 20.5. La seule différence significative réside dans l'infériorité du produit PB3 par rapport aux produits PC1, PC2 et PB2.



Conclusion

Les personnes interrogées avaient souvent un a priori concernant les détergents biologiques, les considérant comme moins efficaces que les détergents classiques. Ce test à l'aveugle a permis de dépasser les préjugés. En effet, après utilisations des produits, l'opinion des répondantes changeait souvent, pour reconnaître l'efficacité des détergents biologiques, certaines allant jusqu'à les trouver nettement plus efficace que leur produit habituel (alors que ce dernier faisait parfois partie du test, elles ne le reconnaissaient donc pas). Il est clair que le choix d'un détergent est extrêmement subjectif et est donc difficilement explicable.

De façon générale, on n'observe pas de grande différence entre les détergents testés. Les tests effectués permettent de souligner que certains détergents « biologiques » valent certains détergents « classiques ». Seul le produit PB3 s'avère être un peu plus faible sur certains critères. Par contre, les autres produits se valent. Le produit biologique PB2 se distingue tout de même sur certains critères, montrant qu'il n'existe aucun frein à l'utilisation de ce dernier.

8A. Les normes et tests de biodégradation des tensioactifs

Normes pour les tests de biodégradation (Berger H., 1997)

La biodégradation primaire (OECD test de Screening; durée de test 19 jours)

La biodégradabilité primaire est évaluée par la détermination, dans des liquides biodégradés, du niveau résiduel d'agents de surface parents. La méthode de référence est le « test de confirmation » de la méthode OCDE. Le critère de réussite du test de biodégradabilité primaire est un niveau d'au moins 80%.

Les méthodes d'analyse pour chaque type de tensioactif sont basées sur des tests de colorimétrie.

Pour les agents de surface anioniques, la méthode est basée sur l'analyse de substances actives au bleu de méthylène (MBAS).

Pour les agents de surface non ioniques, la méthode est basée sur l'analyse de substances actives au bismuth (BIAS).

Pour les agents de surface cationiques, elle est basée sur le dosage de substances actives au bleu de disulfine (DBAS).

Pour les agents de surface amphotères, elle est basée sur la méthode d'Orange II.

La biodégradation finale (OECD test pour la biodégradation finale ; durée de test 28 jours)

Il existe plusieurs types d'essais :

- OECD 301 A: Essai de disparition du Carbone Organique Dissout (COD): biodégradation à 60%
- OECD 301 B: Essai de dégagement de CO₂
- OECD 301 C/F: Essai de MITI modifié
- OECD 301 D: Essai en flacon fermé
- OECD 301 E: Essai de screening modifié de l'OCDE
- OECD 301F : Essai de respirométrie manométrique

Les différents tests pour évaluer la biodégradation finale des détergents sont résumés dans le tableau suivant.

Test	Méthode analytique	Applicable pour composés		
		A faible solubilité	Volatils	adsorbables
Essai de disparition de COD (301 A)	DOC (dissolved Organic Carbon)	-	-	+/-
Essai de dégagement de CO ₂ (301 B)	Respirométrie: consommation d'O ₂	+	-	+
Essai de MITI (I) modifié (301 C)	Respirométrie: consommation d'O ₂	+	+/-	+
(301 D) Essai en flacon fermé	Respirométrie: oxygène dissout	+/-	+	+
301 ^E « Screening » modifié OECD	Carbone organique dissout	-	-	+/-
Essai de respirométrie manométrique (301 F)	Consommation en O ₂	+	+/-	+

Autres normes et tests

Le **Règlement (CE) N° 648/2004** du parlement européen et du conseil du 31 mars 2004 relatif aux détergents est entré en vigueur le 08 octobre 2005, cite que «la législation sur la biodégradabilité des agents de surface ne couvre que la biodégradation primaire et n'est applicable qu'aux agents de surface anioniques et non ioniques » « il requiert donc de le remplacer par une nouvelle législation mettant l'accès sur la biodégradation finale ».

Conséquence à cette nouvelle directive: introduction d'un nouvel ensemble d'essais, basés sur les normes ISO et les principes directives d'OCDE.

Les essais prévus pour déterminer la biodégradabilité des agents de surface devraient être effectués dans des laboratoires satisfaisant à des normes ISO à savoir **EN/ISO/IEC/17025**.

La méthode de contrôle de la **biodégradabilité primaire** des agents de surface contenus dans les détergents est basée sur des tests de coloration ou par analyse de chimie fine (Par HPLC ou par CG).

Méthode de contrôle de la biodégradation finale (minéralisation) des agents de surface contenus dans les détergents.

La méthode est basée sur les essais en laboratoire fondés sur la norme **EN ISO 14593: 1999** (essai en CO₂ dans l'espace en tête de colonne).

Les détergents sont considérés comme biodégradables si le niveau de biodégradation mesuré selon cinq tests sont d'**au moins 60%** dans les **28 jours**.

Ces 5 tests sont :

1) Norme EN ISO 14593 (1999) sur la qualité de l'eau: évaluation en milieu aqueux de la biodégradabilité aérobie ultime des composés organiques: **essai au CO₂ dans l'espace en tête de colonne**

2) Méthode de la directive 67/548/CEE, dégagement de CO₂: **Essai de Sturm modifié**

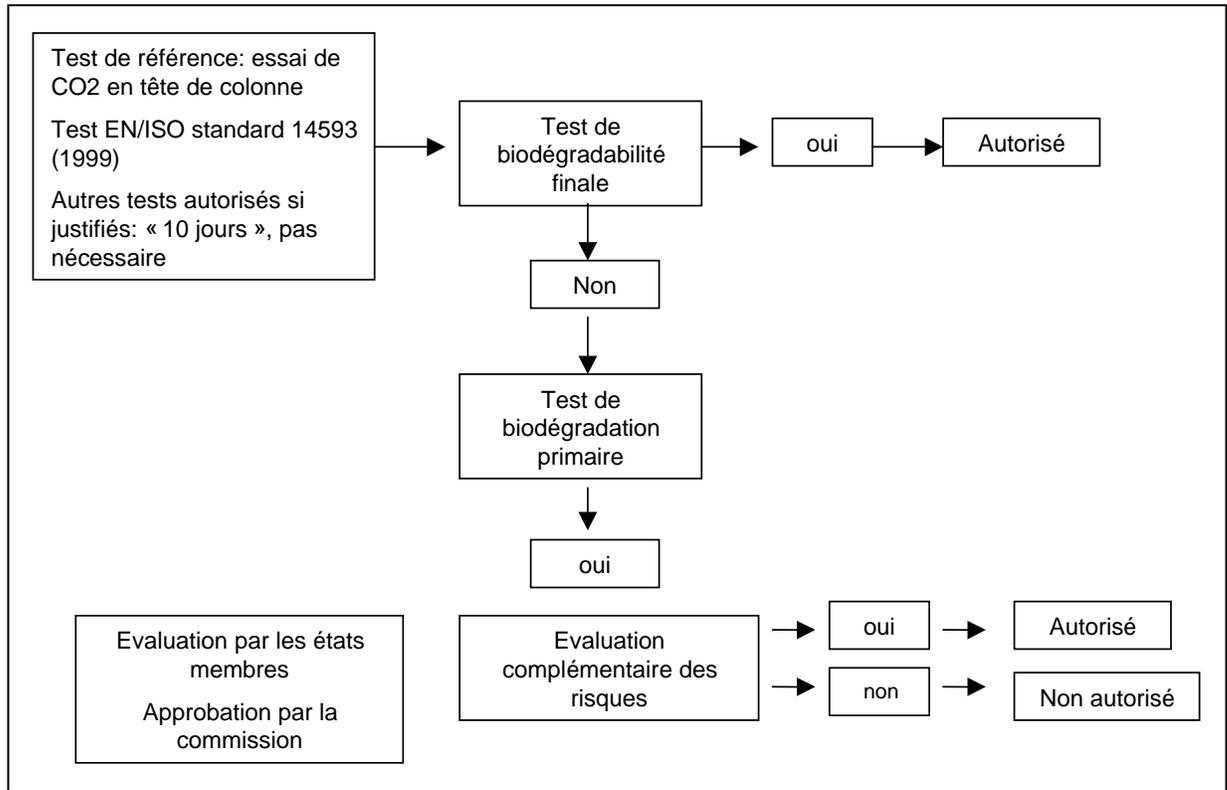
3) Méthode de la directive 67/548/CEE : test en flacon fermé

4) Méthode de la directive 67/548/CEE : respirométrie manométrique

5) Méthode de la directive 67/548/CEE : MITI mesure de la demande en oxygène

Toutefois, si le niveau de biodégradabilité finale en aérobiose est inférieur à 60%, les fabricants de détergents peuvent demander une dérogation.

Critère d'acceptation de la biodégradation des molécules (CESIO, juillet 2004)



9A. Les tests de contrôle de la biodégradation des polymères

Plusieurs tests de biodégradation du matériau sont disponibles. Ils sont basés par exemple sur la mesure de la quantité de CO₂ émis, la consommation en oxygène, la perte de poids ou encore le bilan matière du carbone.

Voici quelques types de tests pour définir la biodégradabilité d'un matériau.

- Le test de Sturm est une mesure de la biodégradation aérobie dans les boues d'eaux usées municipales (ASTM D5209-91). Le test est réalisé dans des erlenmeyers afin de comparer la biodégradation de l'échantillon à celle connue de certains matériaux non toxiques pour la croissance des micro-organismes. La biodégradabilité est calculée à partir de la production de CO₂, de l'évolution au cours du temps du carbone soluble organique, du poids résiduel de l'échantillon et éventuellement de la masse moléculaire du polymère.

- Le contrôle de la biodégradation en aérobiose dans les conditions de compostage suivant la norme EN13432 est basé sur les constituants présents à plus de 1% et s'étendent sur 6 mois. Le niveau de dégradation requis correspond à 90% de la valeur d'un matériau de référence adéquat. Quant à la compostabilité, le test s'étend sur 12 semaines et le niveau de dégradation doit correspondre à 90% des fragments inférieurs à 2mm. Des tests d'écotoxicité doivent être également réalisés.

- Le test enzymatique : l'échantillon est placé dans une solution contenant divers enzymes de lyse sous agitation, à une température constante et pendant un temps donné. La biodégradabilité est mesurée par la perte de poids et par la modification des propriétés mécaniques.

- Test en boîte de Pétri: le test consiste à placer l'échantillon dans un milieu de culture pauvre ne contenant que les substances minimales qui permettent la croissance de micro-organismes. Ce milieu est ensuite inoculé avec une souche pure de bactérie ou de champignon, *Aspergillus Niger*. L'incubation dure généralement de 20 à 30 jours. La colonisation du matériau est souvent observée visuellement et la biodégradation est mesurée par le contrôle du poids sec de l'échantillon.

Le contrôle de la biodégradation en aérobiose dans les conditions de compostage ASTM D 5338-92.

- Tests dans les sols: les échantillons à tester sont réduits en poudre de granulométrie définie et sont placés dans le sol. On enregistre pendant 28 jours divers paramètres.

La compostabilité est une biodégradation des matériaux dans certaines conditions de température au compostage. De plus, le compost doit satisfaire à des critères de qualité et de durée de désintégration.

Ainsi selon que le compostage se fait en milieu centralisé ou domestique, les paramètres peuvent varier. En milieu centralisé, la température peut atteindre jusqu'à 60 - 70°C, vu le volume, tandis qu'en milieu domestique, elle dépasse rarement les 40 - 45°C. C'est pour cette raison que deux types de certification existent par exemple : OK compost Home et OK compost de AIB Vinçotte.

Les paramètres qui affectent le compostage :

L'oxygène : l'oxygène doit être ajouté pour assurer une décomposition aérobie

La température : Une température trop élevée tue les microorganismes, une température trop basse ralentit la décomposition.

L'humidité : il faut maintenir une humidité de 50 à 60%, un taux d'humidité faible ralentit l'activité microbienne, trop d'eau empêche l'oxygénation et la décomposition est lente.

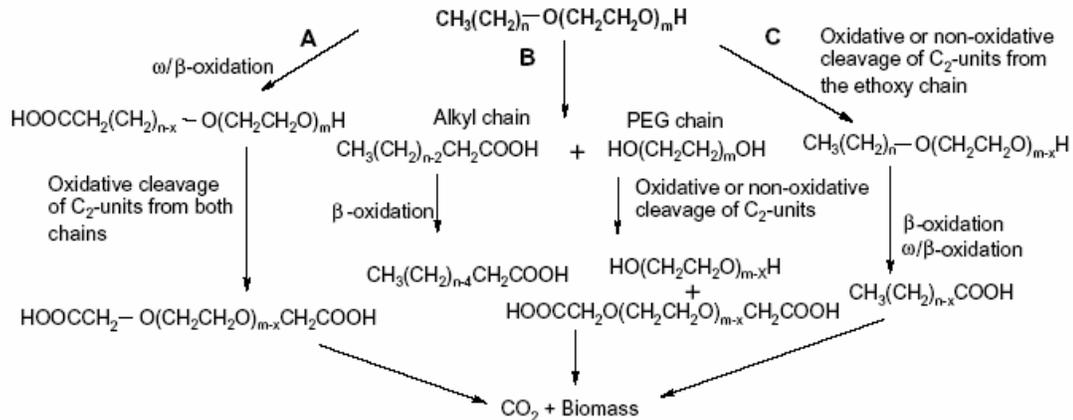
Le PH : 6,5 à 8

Les nutriments : N,P,C et K sont nécessaires pour les microorganismes. Il faut un rapport C/N

La taille des particules : plus la taille est petite, plus la surface de contact augmente, plus le matériau se dégrade.

10A. Les voies de biodégradation des tensioactifs

Biodégradation des alcools gras ethoxylés



Les voies de biodégradation des alcools gras éthoxylés (K. A. Krogh et al., Chemosphere 50 (2003) 871-901

En aérobie, trois voies de dégradation sont décrites dans la littérature.

- Mécanisme de ω-oxydation pour former des acides carboxyliques
- Clivage de la liaison éther pour former un acide gras et PEG
- Clivage de la liaison éther qui conduit à la formation d'alcools gras, l'alcool gras est ensuite transformé en acide gras par oxydation du carbone terminal

Effet de la structure des AE: la longueur de la chaîne et le nombre d'oxyde d'éthylène n'affectent pas la biodégradation par contre la structure de la chaîne alkyle peut jouer. En effet, les chaînes ramifiées se biodégradent moins.

Test de bioaccumulation : bioaccumulation dans les poissons.

Les alcools ethoxylés peuvent être adsorbés par la peau.

Biodégradation de LAS

Des études ont montré que le LAS s'adsorbe sur le sédiment par un effet hydrophobique ou par interaction intermoléculaire. La présence d'ions métalliques dans l'eau pourrait précipiter les surfactants (lors de dosage faire attention).

Le mécanisme de dégradation des surfactants se fait en trois étapes (référence: review sur la biodégradation des surfactants dans l'environnement, Scott J. M., Biochimica et Biophysica Acta 1508 (2000) 235-251).

Les étapes de dégradation sont:

- ω-oxydation du CH_3 terminal de la chaîne alkyl pour former des acides carboxyliques
- β-oxydation qui conduit à la formation de chaîne courte d'acides carboxyliques sulfophényl
- En présence d'oxygène, le cycle benzène forme du déhydroxy-benzène et ouverture du cycle puis désulfonation.

Notons qu'un intermédiaire de la biodégradation le sulphophénylcarboxylique (SPC) est dosé dans l'environnement.

En anaérobie la biodégradation est faible car l'ouverture du cycle nécessite la présence d'oxygène (dégradation anaérobie).

Effet sur l'environnement aquatique

Suivant la structure: plus la chaîne est longue, plus la toxicité est élevée.

Irritant à la peau pour une concentration supérieure à 20% suivant les critères de EEC.

Biodégradation des alkyles éthers sulfatés

La biodégradation se fait par clivage de la liaison éther produisant des alcools gras ou alcools éthoxylés et éthylène glycol sulfaté. Les alcools sont ensuite dégradés par ω -oxydation et β -oxydation.

Il n'y a pas beaucoup de données en ce qui concerne leur présence dans l'environnement, mais des études au Pays-bas ont dosé une concentration en C₁₂₋₁₅ entre 0,003 à 0,012 mg/l.

Effet de la structure

De nouveau, la longueur de la chaîne et le nombre d'Oxyde d'éthylène n'affectent pas la biodégradation sauf la ramification des chaînes.

En ce qui concerne la biodégradation anaérobie, peu de données sont disponibles et on observe une biodégradation lente du lauryléther sulphaté.

Biodégradation aérobie des APG et AG

Les modes de dégradation des APG et alkylglucamides ne sont pas décrits dans la littérature et ne sont pas bien connus. Les tests ont montré qu'ils sont biodégradables suivant les normes tant en aérobie qu'en anaérobie.

En ce qui concerne la bioaccumulation, il n'y a pas de donnée.

11A. La dégradation des polymères

Deux types de dégradation existent. La dégradation abiotique et biotique.

La dégradation abiotique

La dégradation abiotique des polymères a lieu sans l'action des microorganismes mais sous l'action de l'eau comme la dissolution ou la désintégration sous l'action de l'UV ou de la chaleur.

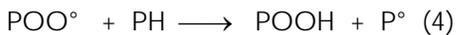
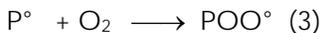
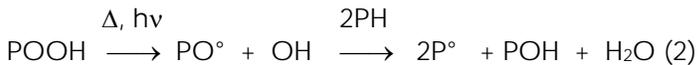
- Par peroxydation

Les polyoléfines, du fait qu'ils sont formés par des chaînes carbonées, sont des polymères très stables dans l'environnement. Laissés dans la nature, ils finissent par se dégrader par oxydation mais à une échelle de temps relativement long.

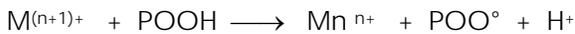
Durant la mise en œuvre, les chaînes carbonées des polyoléfines, sous l'action de la température et de l'effet de cisaillement, peuvent se rompre et former des radicaux libres qui réagissent avec l'O₂ pour donner des radicaux peroxydes ou peroxydes (1). Ces derniers jouent un rôle dans le mécanisme de peroxydation important pour la dégradation des polymères. Il conduit à la formation d'alcools ou d'acides de faibles masses moléculaires assimilables par les microorganismes mais aussi à la formation de radicaux libres par leur dissociation (2).



P et P' : segment de chaîne carbonée ; PH : polymère hydrocarboné; POOH : hydroperoxyde



Les réactions (3) et (4) continuent aussi longtemps que l'O₂ est présent dans le système. L'activation de l'hydroperoxyde par la lumière (UV) (réaction 2) peut être amorcée par des activateurs qui sont des ions métalliques qu'on incorpore le plus souvent volontairement suivant la réaction ci-dessous.



Ce type de dégradation ne satisfait pas au norme EN13432 car il se passe dans un délai relativement long.

- Par hydrolyse

L'hydrolyse des polyesters est une réaction catalysée soit par un acide soit par une base. Dès lors le produit de réaction RCOOH peut accélérer la réaction.

C'est ainsi que l'hydrolyse des polyesters naturellement synthétisés par des microorganismes, le polyhydroxybutyrate (PHB), en milieu alcalin, libère du β -hydroxybutyrate. Ce dernier est une source d'énergie pour différents microorganismes.

L'hydrolyse de PLA par clivage des liaisons esters libère des oligomères de poids moléculaires d'environ 40 900 daltons. En général, une température élevée (50 à 60°C) et de l'humidité conduit à la dégradation rapide des PLA.

Dégradation biotique

La dégradation biotique met en jeu l'action des microorganismes.

- Par action microbienne

Les microorganismes peuvent utiliser les polymères et leurs produits de dégradation comme source de carbone et d'énergie grâce aux enzymes qu'ils excrètent. Les bactéries et les champignons sont les plus importants dans la dégradation des polymères.

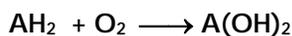
- Par action enzymatique

Les enzymes sont des catalyseurs essentiellement biologiques et excrétés par les microorganismes.

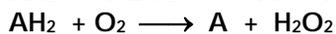
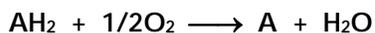
La dégradation des matériaux par les enzymes peut être le résultat d'un mécanisme radicalaire (oxydation biologique) ou d'un changement chimique (hydrolyse biologique).

Dans le cas de l'oxydation biologique, les enzymes réagissent directement avec l'O₂ comme les cytochromoxidasés qui sont des enzymes actives dans la chaîne respiratoire.

La plupart du temps, l'oxygène est incorporé directement au substrat (cas des oxygénases) suivant la réaction:



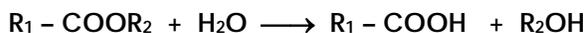
Parfois, l'oxygène joue le rôle d'un accepteur d'hydrogène (cas des oxydases) suivant la réaction :



Quant à l'hydrolyse biologique, les protéases catalysent l'hydrolyse des protéines en acides aminés, tandis que les estérases coupent les liaisons esters.

Les biopolymères comme les polysaccharides, par exemple les amidons sont dégradés par voie enzymatique pour libérer des sucres.

Les polyesters sont des polymères avec des liaisons esters, facilement clivables par les estérases présents chez les organismes vivants suivant la réaction :



Ainsi la PCL par exemple est dégradé par les lipases et les estérases. Suivant la littérature, plusieurs enzymes peuvent dégrader le PLA comme le protéinase K, la pronase ou la

broméline. Néanmoins, il semblerait que la dégradation enzymatique in vivo du PLA n'a lieu qu'après libération de produit de dégradation soluble. Le polymère à base d'amidon est hydrolysé par des enzymes amylases et les glucosidases. Le schéma ci-dessous résume les voies de biodégradation des polymères.

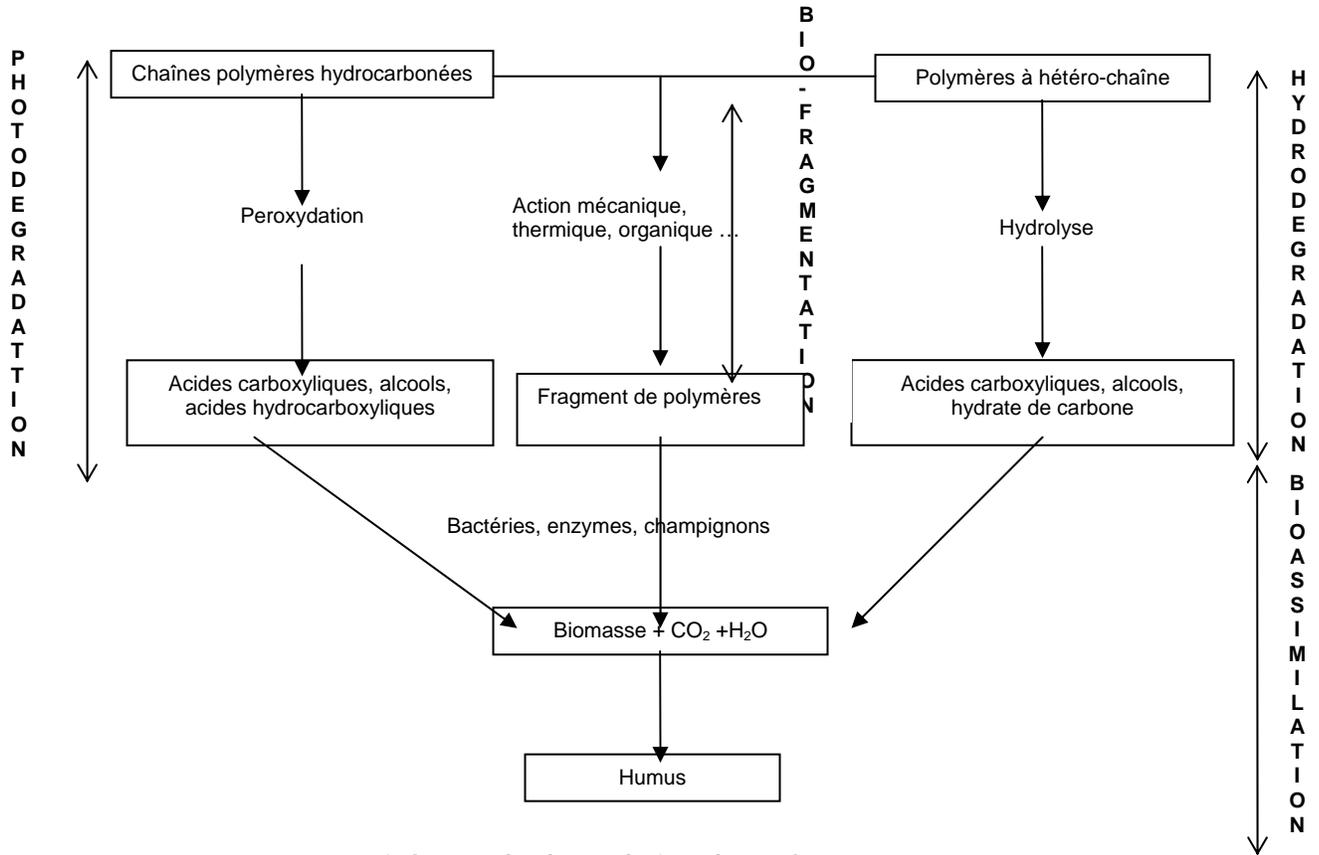


Schéma de dégradation des polymères

12A. La norme EN 13432

La norme EN13432 spécifie les exigences de biodégradabilité des emballages et les tests à mettre en œuvre pour évaluer leur transformation sous forme de compost. Quatre critères de compostabilité sont pris en compte.

Le premier critère porte sur les caractéristiques des matériaux qui fixe la composition en matière organique (au minimum 50%) et la concentration maximum pour 11 métaux lourds .

Concentration maximum en métaux lourds (De Wilde, 2003)

Métal	ppm	Métal	ppm
Zn	< 150	Pb	< 50
Cu	< 50	Hg	< 0,5
Ni	< 25	Cr	< 50
Cd	< 0,5	Mo	< 1
Se	< 0,75	As	< 5
F	< 100		

Le deuxième critère concerne la biodégradation des matériaux dans un délai déterminé. Les tests de mesure de la biodégradation utilisés sont les tests ISO 14855 ou ISO 14852 par évaluation de CO₂ dégagé et ISO 14851 par mesure d'O₂ absorbé. Le seuil acceptable de biodégradabilité est de 90% sur une période maximum de 6 mois.

Le troisième critère considère les produits finaux et la désintégration, c'est à dire l'aptitude du matériau à se fragmenter. La désintégration est évaluée par compostage en essai pilote (ISO FDIS 16929). La masse de fragment retenue sur un tamis de 2 mm ne doit pas dépasser les 10 % de la masse initiale du matériau après 12 semaines.

Le dernier critère est axé sur la qualité du compost. Il sera évalué par la mesure des paramètres physico-chimiques (masse volumique, teneur en solide...) et des tests d'écotoxicité.

13A. Analyse de cycle de vie

Objectif et champ d'étude (ISO 14040)

- Détermination des objectifs de l'étude
- Choix de l'unité fonctionnelle
- Délimitation des frontières du système
- Représentativité des données
- Règles de négligeabilité

Calcul et analyse de l'inventaire (ISO 14041)

- Le système : construction de l'arbre du cycle de vie
- La collecte des données
- L'utilisation des données
- Application des règles de négligeabilité, et de prise en compte des co-produits
- Calcul de l'inventaire

- Identification de la contribution des flux aux différentes étapes du cycle de vie, puis identification des étapes qui sont les plus représentées

Évaluation d'impacts (ISO 14042)

- Choix des méthodes d'impact retenues pour l'étude
- Détermination des flux pris en compte pour le calcul des impacts
- Détermination de leur contribution aux impacts
- Calcul des impacts
- Identification des principaux flux contribuant aux impacts

Interprétation des résultats (ISO 14043)

- Identification des points forts et points faibles des cas étudiés
- Réponses aux objectifs fixés lors de la première phase
- Validation de la réponse au moyen si nécessaire :
 - de collecte de données complémentaires
 - d'analyses de sensibilités, de scénarios
- Détail des applications et limitations de l'étude
- Ouverture à d'autres études potentielles

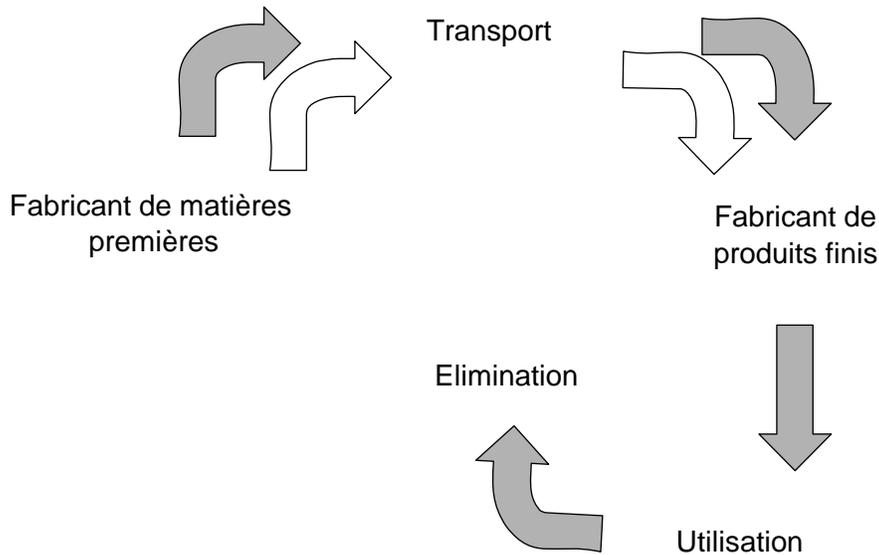
14A. Analyse des ACV disponibles sur les polymères à base d'amidon (MATER-BI) et le PLA (Natureworks)

Patel M., (2003)

Do you fulfill our expectations concerning Environmental Benefits?

Cet article compare 6 biopolymères à leurs équivalents fossiles. Deux types de système ont été pris en compte :

- le « cradle to factory gate » du berceau à la porte de l'usine (en blanc)
- le « cradle to grave » : du berceau au tombeau (élimination du produit) (en gris)



Dans cette étude les indicateurs utilisés sont l'énergie fossile primaire, l'émission de gaz à effet de serre exprimée en kg de CO₂ eq., le précurseur d'ozone exprimé en g d'éthylène eq., l'acidification de l'air (en SO₂ eq.) et l'eutrophisation (en PO₄ eq.). Les tableaux suivants résument les résultats

Polymères	Energie non renouvelable (MJ/unité fonctionnelle)	Traitement de déchet	GHG émission (kg CO ₂ eq./unité fonctionnelle)	Précurseur d'ozone (g éthylène eq.)	Acidification (eq. SO ₂ eq.)	Eutrophisation (g de PO ₄ eq.)
Mater-Bi film grade	53,5	Compostage	1,21	5,3	10,4	1,1
LDPE	80,6	Incineration	5,04	na	Na	na
LDPE	91,7	80% incineration 20% mise en décharge	5,20	13	17,4	1,1

Polymères	Unité fonctionnelle	Energie non renouvelable (MJ/unité fonctionnelle)	Traitement de déchet	GHG émission (kg CO ₂ eq./unité fonctionnelle)	Précurseur d'ozone (g éthylène eq.)	Acidification (eq. SO ₂ eq.)	Eutrophisation (g de PO ₄ eq.)
Mater-Bi chips	1m ³ (10kg)	492	Lavage par l'eau	21,0	115	276	39,0
PSE chips	1m ³ (4,5kg)	680	Incinération	56,0	1200	325	42,0
PSE chips par recyclage	1m ³ (4kg)	361	30% incinération 70% mise en décharge	18,6	55	107	9,9

Polymères	Unité fonctionnelle	Energie non renouvelable nécessaire pour la production (MJ/unité de fonction)	Mode d'élimination	Emission de gaz à effet de serre (kg CO ₂ eq/unité)	Précurseurs d'ozone g eth eq	Acidification g SO ₂ eq	Eutrophisation
Mater-Bi film	100m ² , 20µm	133	Compostage	2,98	14,0	26,5	2,8
PE film	100m ² , 150µm	1340	80% incinération, 20% mise en décharge	66,70	180	238	15,0
Mater-Bi film (2)	100 m ² , 150µm	997,5	Compostage	22,35	105	198,75	21

Suivant l'unité fonctionnelle choisie ou les limites des systèmes (« cradle to gate factory » ou « cradle to grave »), les interprétations peuvent être quelque peu différentes.

Par exemple, lorsqu'on délimite le système jusqu'à la production des granulés de polymères, le Mater-bi permet d'économiser jusqu'à 33,6% d'énergie par rapport au Polyéthylène (PE).

Lorsqu'on définit le système jusqu'à l'utilisation et l'élimination du produit fini, le Mater-Bi ne permet plus d'économiser que 25,6% d'énergie fossile.

Et d'une application à l'autre, le gain d'énergie et de réduction de CO₂ ne sont pas les mêmes. Lorsqu'on compare le Mater-Bi avec son équivalent pétrochimique polystyrène expansé, dans le cas de l'application emballage de calage, ce dernier peut avoir un gain d'énergie fossile supplémentaire lorsqu'on utilise des matériaux recyclés. On peut toutefois conclure qu'en général les biopolymères engendrent un effet environnemental positif.

Estermann and Schwarzwald, (2000)

The part of LCA for Biodegradable Products: bags and Loose fills.

Les auteurs ont comparé les sacs poubelles ménagers pour déchets organiques à base de Mater-bi, à base de papier et à base de polyéthylène non compostable. Treize indicateurs ont été pris en compte. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Mater-Bi sacs poubelles en comparaison avec	Sac en papier	Sac en PE	Sac en PE avec incinération
Meilleur	5	2	6
Mieux	6	2	4
Comparable	1	7	2
Moins bon	1	0	1
Mauvais	0	2	0
Total	Mieux	Comparable	Mieux

Leur conclusion est qu'en général, le sac à base de Mater-Bi est comparable aux sacs PE. Le sac à base de PE est nettement mauvais pour deux indicateurs à savoir le rejet salin aqueux et les métaux lourds.

Novamont -Novara Italie, (1999)

Analyse de cycle de vie des sacs en MATER-BI

Le producteur du MATER-BI (Novamont) a effectué une analyse de cycle de vie sur base des habitudes d'utilisation et d'élimination Suisses.

Les tableaux ci-dessous résument les résultats obtenus.

	Unité fonctionnelle	Traitement de déchets	Energie fossile consommée (MJ par 1000 sacs)	Kg de CO ₂ émis par 1000 sacs
Mater-Bi sac	1000 sacs de 9,15g	Compostage	700	10
HDPE sac	10000 sacs de 7,04g	Incinération	800	35
Sac en papier	1000 sacs de 59,6g	Compostage	4800	48

Ecobilan suivant les indicateurs écologiques

Catégorie d'impact	MATER-BI en comparaison avec		
	Sac en papier	Sac en PE	Sac en papier + résidus organiques
Energie	++	0	+
Effet de serre	+	+	++
Acidification	+	0	++
Eutrophisation	++	0	+
Formation d'ozone	++	+	++
Toxicité air	+	++	++
Toxicité eau	++	0	+
Rejet salin aqueux	-	--	++
Production de déchet	++	--	-

++ : significativement meilleur

+ : meilleur

0 : comparable

- : mauvais

-- : significativement mauvais

Ils ont conclu que le sac en MATER-BI a un effet environnemental meilleur par rapport au sac en papier et globalement produit le même effet que le sac en PE. En terme d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre, les sacs en MATER-BI nécessitent moins d'énergie et émettent moins de CO₂ durant leur production.

Patel M., Bastioli C., Marini L., Würdinger G. E., (2003)

Biopolymers vol 10

Life cycle Assessment of Bio-based Polymers and Natural Fiber Composites

Comparaison des films à base de MATER-BI (grade ZF03U/A) et à base de HDPE selon Estermann (1998) suivant deux méthodes

Le sac à base de MATER-BI est équivalent au sac à base de PE pour 7 critères (énergie utilisée, acidification, eutrophisation, toxicité eau, formation d'ozone). Pour quatre catégories (émissions de gaz à effet de serre, toxicité de l'air, formation d'ozone, production de métaux lourds), ils sont comparables et pire pour la production de déchets et le rejet salin aqueux.

ADEME, (2004)

Evaluation des impacts environnementaux des sacs de caisse Carrefour, ACV de sacs de caisse en plastique, papier et matériau biodégradable

Cette étude compare le bilan environnemental des différents types de sac sortie de caisse disponible en France, à savoir le sac PE jetable, le PE réutilisable, le sac en papier et le sac biodégradable en MATER-BI.

L'unité fonctionnelle définie est le même service rendu par les sacs pour contenir 9000 litres de courses.

Les sacs ont des caractéristiques différents comme il est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Type de sac	Capacité (l)	Masse (g)	Épaisseur (µm)
PE jetable	14	6	16
PE réutilisable	37	44	70
Sac en papier	20	52	90
Sac biodégradable (en MATER-BI)	25	17	27

Ils ont été évalués suivant 8 indicateurs:

- la consommation d'énergie non renouvelable
- la consommation d'eau
- l'émission de GHG
- acidification atmosphérique
- formation d'oxydants photochimiques
- contribution à l'eutrophisation
- Production de déchets solides
- Risque relatif à l'abandon

Les résultats obtenus sont :

- Au delà d'un certain nombre d'utilisation (supérieur à 4), les sacs réutilisables sont intéressants par rapport à tous les autres sacs étudiés
- Par rapport au sac PE jetable, le sac biodégradable est meilleur pour le risque d'abandon et formation d'oxydants photochimiques
- Par rapport au sac PE jetable, le sac biodégradable est équivalent pour la consommation d'énergie, la consommation d'eau et la production de déchets
- Par rapport au sac PE jetable, le sac biodégradable est plus mauvais pour l'émission de gaz à effet de serre, l'acidification atmosphérique et pour l'eutrophisation (11 fois pire).

ExcelPlas Australia : Centre for design at RMIT-Nolan-ITU, (2003)

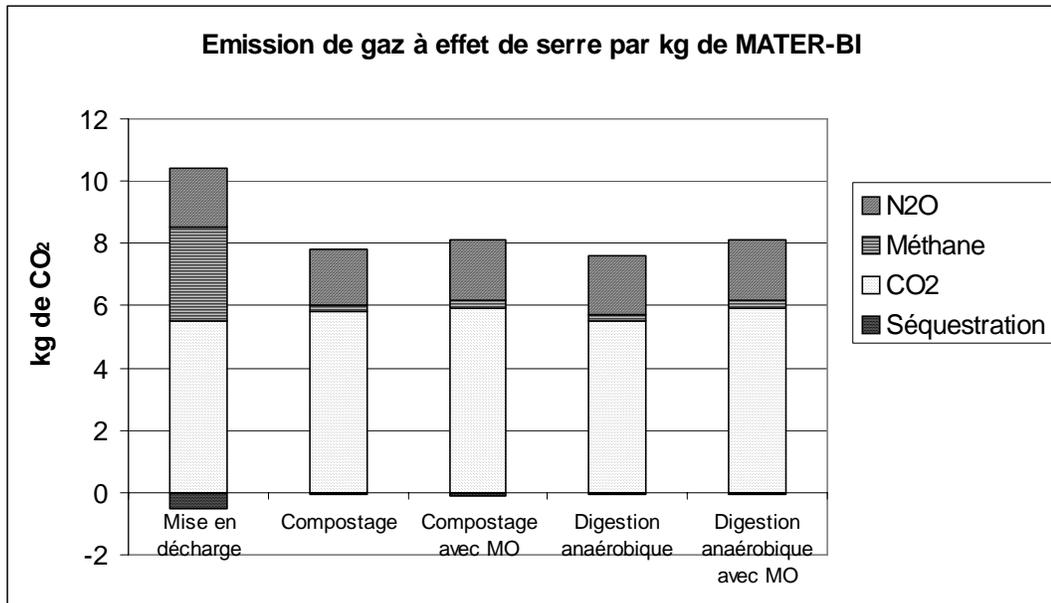
Final report, The impacts of degradable plastic bags in Australia

Cette étude évalue suivant deux indicateurs, l'énergie totale primaire et l'émission de gaz à effet de serre, différents types de matériaux pour fabriquer des sacs et ceci dans un contexte australien. Il ne reflète donc pas le système européen. 1% des sacs est estimé à être abandonné et le reste est considéré comme mis en décharge et se comporte comme un déchet inerte.

La conclusion de l'étude est la suivante : le sac à base de Mater-bi est meilleur d'un point de vue énergie par rapport aux polyéthylène réutilisable, par contre il émet plus de gaz à effet de serre durant leur fabrication par rapport à ce dernier.

Différentes voies de gestion des déchets des sacs à base de MATER-BI ont été évaluées. Le résultat est présenté à la figure ci-dessous.

Suivant le traitement en fin de vie, les émissions de gaz à effet de serre des sacs à base de Mater-bi varient. Le compostage est meilleur que la mise en décharge surtout lorsque les sacs sont triés et séparés des matières organiques.



D.2. Le PLA

Vink E. et al., (2003)

Applications of life cycle assessment to NatureWorks polylactide (PLA) production

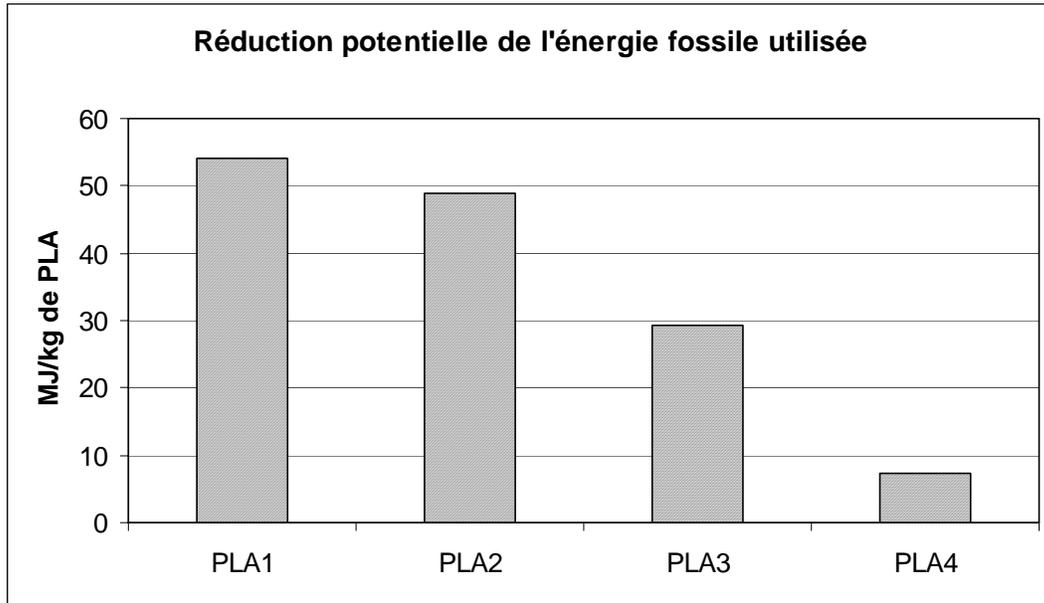
Les auteurs ont évalué les impacts environnementaux du PLA suivant 3 indicateurs à savoir l'énergie fossile consommée, l'émission de gaz à effet de serre et la consommation d'eau. Ils ont utilisé la même méthode d'analyse de cycle de vie que l'APME. Le système étudié est le « cradle to factory gate » c'est à dire depuis le champ jusqu'à la production de granulé de PLA. L'étude a été basée sur plusieurs hypothèses en supposant que la même quantité de polymères est utilisée pour une même application.

Les résultats ont montré que le PLA utilise 25 à 55% d'énergie en moins que les pétropolymères. En ce qui concerne les émissions de GES, elles sont inférieures à plus ou moins comparables. Un autre paramètre estimé est la consommation d'eau. Malgré que la culture du maïs soit consommatrice d'eau, ils ont conclu que la quantité totale utilisée

est inférieure à comparable. Il y a d'autres polymères à base de pétrole comme le Nylon qui consomme beaucoup plus d'eau. Le LDPE consomme un peu plus que le PLA.

Dans une perspective de diminution de coût, Natureworks LLC a également analysé le cycle de vie du PLA dans le futur en intégrant dans ces analyses l'utilisation de matières premières moins coûteuses et les énergies renouvelables, en améliorant le procédé de purification et en l'intégrant dans un concept de bioraffinerie.

Les résultats sont présentés ci-dessous.

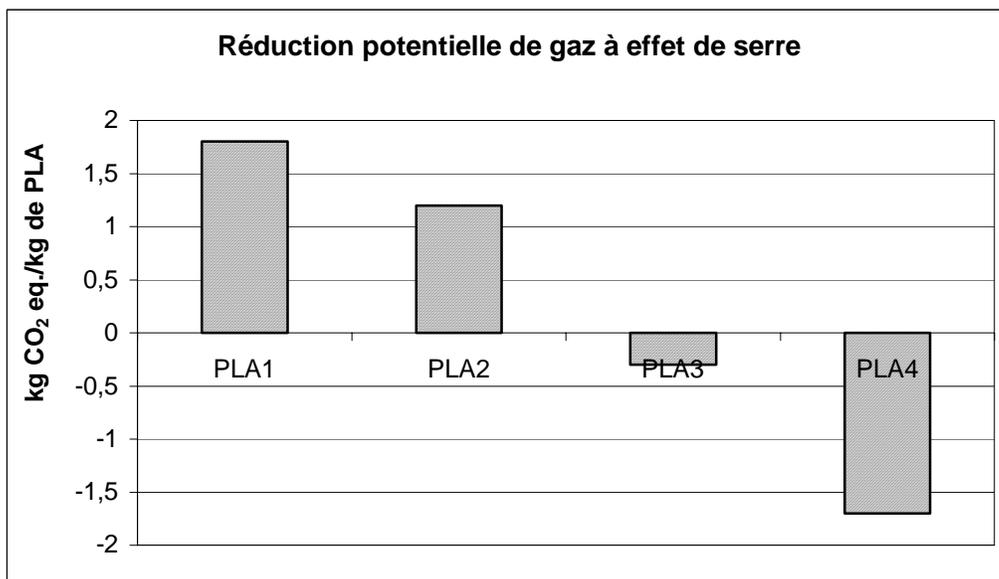


PLA1 : PLA actuel

PLA2 : Amélioration du procédé de production d'acide lactique

PLA3 : PLA2 + intégration dans un concept de bioraffineries

PLA4 : PLA3 + énergie éolienne



Patel M. et al., (2003)

Ils ont comparé les énergies fossiles consommées et les émissions de gaz à effets de serre du PLA avec ceux des polymères à base de pétrole durant leur production et en faisant le bilan de CO₂.

	Energie fossile utilisée pour la production (GJ/t)	Energie fossile en tant que matière première (GJ/t)	Energie fossile totale (GJ/t)	CO ₂ fossile émis (kg/t de plastique)	CO ₂ absorbée par la plante (kg/t)	CO ₂ net (kg/t)
PLA actuel	54	0	54	3450	-2190	1260
PLA futur	7	0	7	520	-2280	-1760
HDPE	31	49	80	1700	0	1700
PET	38	39	77	4300	0	4300
Nylon 6	81	39	120	5500	0	5500

D'après le tableau, l'énergie fossile nécessaire pour produire le PLA est nettement inférieure par rapport à leurs équivalents pétrochimiques. Dans le cas d'une amélioration du procédé et l'utilisation d'énergie renouvelable ou encore en l'intégrant dans un concept de bio-raffinerie, les gains d'énergies sont nettement supérieurs. Ils émettent également moins de gaz à effet de serre.

Dans cet article, les auteurs mentionnent toutefois que lorsqu'on compare les impacts environnementaux de la production de langes à partir de PLA à ceux des couches à base de polyéthylène et polypropylène, le PLA ne présente plus un bilan environnemental favorable. De nouveau, le système étudié peut influencer les résultats et on pourrait supposer également que lorsque l'étude a été réalisée, la production de PLA était à ses balbutiements.

Analyse

- Afin de comparer ce qui est comparable, il faut bien déterminer l'unité fonctionnelle c'est à dire la quantité sur laquelle porte l'étude d'ACV est très importante. Par exemple, le plus souvent quand on compare différents polymères dans une application donnée, l'unité fonctionnelle prise en compte est le même service rendu comme « emballer le même volume de courses », mais pas les caractéristiques d'épaisseur, de poids ou de volume des produits finis.

- La délimitation du système étudié est également très importante et peut influencer l'interprétation des résultats. Lorsqu'on se limite à la production de granulé de polymères, toutes les analyses du cycle de vie concluent que le MATER-BI permet de réduire l'émission de gaz à effet de serre et utilise moins d'énergie pour sa production par rapport aux polymères pétrochimiques. Lorsqu'on considère le matériau sur tout le cycle de vie depuis la production jusqu'à l'utilisation et l'élimination, les résultats ne vont plus dans le même sens. Si toutes les analyses concluent que d'un point de vue énergétique, les produits finis à base de MATER-BI consomment moins d'énergie fossile, elles ne sont plus en accord en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre. Plusieurs études ont montré que les sacs à base de MATER-BI émettent plus de gaz à effet de serre par rapport à leurs équivalents pétrochimiques (étude ADEME...). Par contre, le producteur NOVAMONT après analyse de cycle de vie a conclu que les sacs en Mater-bi émettent moins de gaz à effet de serre. Cette différence serait due à la définition de l'unité

fonctionnelle et des méthodes de calcul différentes. De plus, l'analyse de cycle de vie est basée sur plusieurs hypothèses qui sont différentes d'une étude à l'autre.

- Suivant le traitement des déchets choisis, les effets environnementaux peuvent également être différents pour un même matériau. Par rapport à la mise en décharge, le compostage des sacs à base de MATER-BI produit moins de gaz à effet de serre. L'intégration du matériau recyclé dans les produits finis réduit l'effet de serre et l'énergie utilisée.

- Les valeurs différentes obtenues pour les biopolymères peuvent provenir du fait que les procédés de production ne sont pas encore matures et évoluent au cours du temps. Il existe également plusieurs grades de MATER-BI.

- Il y a très peu d'analyse de cycle de vie sur le PLA dans la littérature. Celle réalisée par le producteur Cargill Dow révèle que le PLA présente des bilans énergétique et environnemental favorables. Le système étudié s'arrête à la production du granulé (cradle to factory gate). Les modes d'élimination des produits ne sont pas considérés. Et l'on sait que cela pourrait influencer les résultats.

- On peut noter également que les analyses sont basées sur des hypothèses. Par exemple, les chiffres obtenus pour les pétropolymères sont basés sur des unités de production en Europe, tandis que ceux du PLA sont basés sur des unités de production aux Etats-Unis. La voie de production d'électricité pourrait influencer sur le bilan.

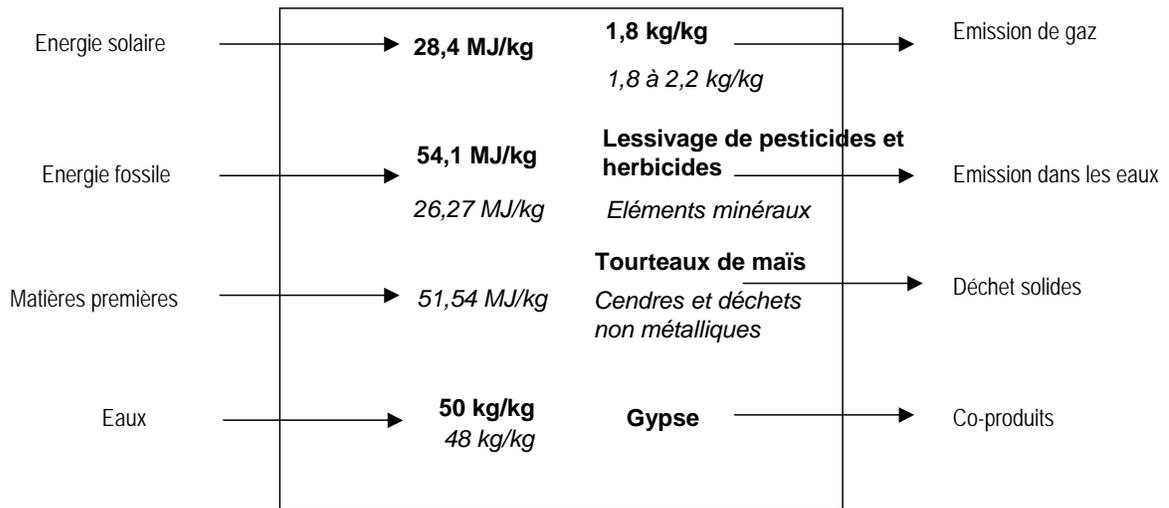
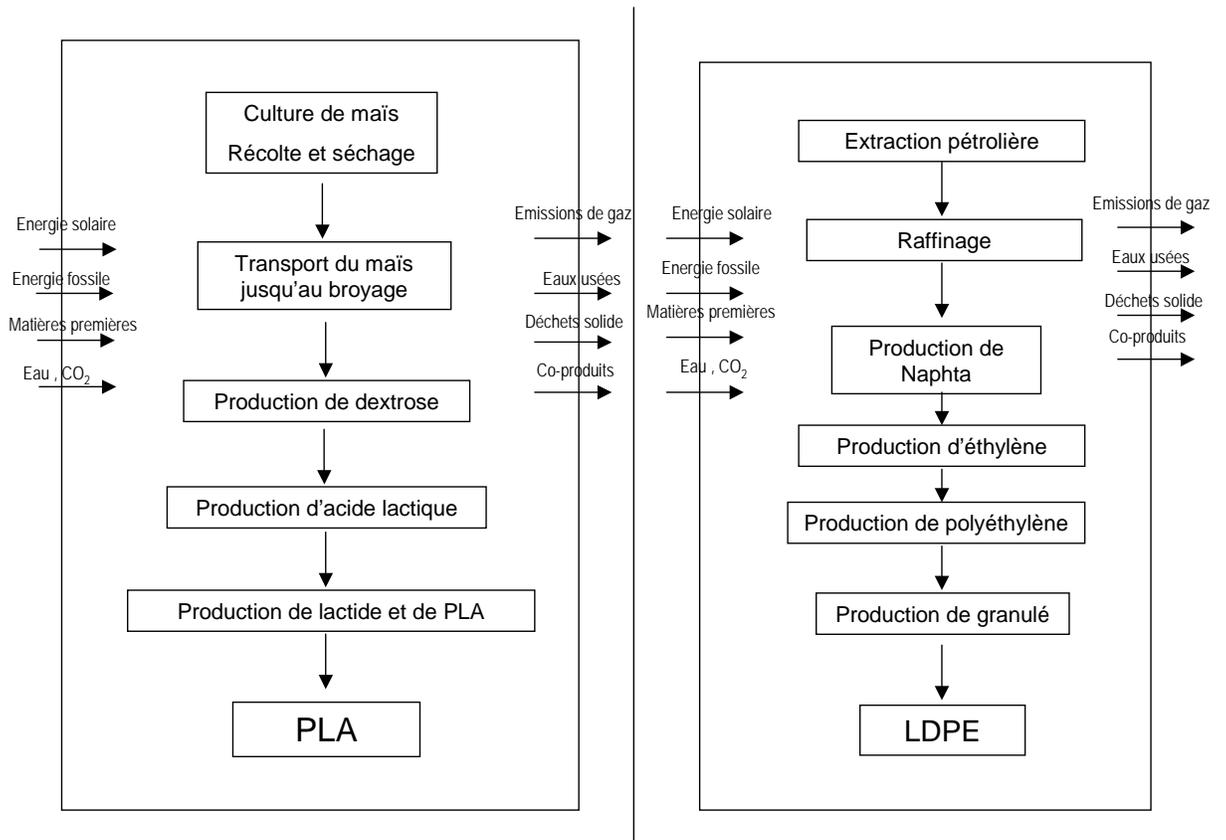
- Dans le domaine des polymères, les analyses de cycle de vie disponibles dans la littérature sont encore limitées. Elles sont le plus souvent basées sur des hypothèses. On peut toutefois tirer les conclusions suivantes :

- Globalement, les biopolymères PLA et à base d'amidon présentent un bilan énergétique favorable et émettent moins de GES par rapport aux polymères pétrochimiques conventionnels lorsqu'on considère seulement les étapes de production du granulé.

- Lorsqu'on considère l'analyse sur tout le cycle de vie, depuis la production des matières premières jusqu'à l'élimination des produits finis, le bilan des émissions de gaz à effet de serre n'est plus favorable. De plus, quelques indicateurs environnementaux comme l'eutrophisation et l'acidification sont pires par rapport à leurs équivalents pétrochimiques.

- Le mode de traitement des déchets influence également les résultats finaux. Le compostage par exemple pour les biopolymères réduit les émissions de gaz à effet de serre. De même, le recyclage des polymères dans le cas des pétropolymères conventionnels diminue les énergies nécessaires pour leur production et les émissions de GES.

Exemple d'étude : le cas de PLA comparé au PE



En gras : PLA

En italique : Polyéthylène

En comparant les intrants et sortants du procédé de production du PLA avec celui du LDPE, on constate que :

- environ 60% des ressources fossiles sont utilisées comme matières premières dans le cas des PE et au total l'utilisation des ressources fossiles est plus importantes par rapport à celle du PLA.
- la culture de maïs (supposé utilisatrice de beaucoup d'eau) représente 30% de la consommation d'eau durant le procédé de production du PLA. Cette consommation est comparable à celle du PE.
- l'émission de gaz à effet de serre (exprimé en CO₂ eq.) est aussi comparable pour les deux polymères.
- le procédé de production des biopolymères produit beaucoup plus de déchets solides comme la salinisation et déchets sous forme minérale due au lessivage des fertilisants et herbicides. Divers produits sont co-produits. Lors de la production de dextrose, de la farine, du gluten et du germe sont co-produits. Ceux ci sont valorisables pour extraire d'autres produits. Lors de la production de PLA par la méthode d'ouverture de cycle, du gypse est co-produit.
- le procédé de production de PLA comporte des étapes qu'on pourrait optimiser contrairement au procédé de production de PE qui est presque à son stade optimum
- en étudiant le LCA, on peut également mettre en évidence les étapes limitantes qui consomment le plus d'énergie

15A. Analyse de cycle de vie des surfactants

Patel M.K. and al., (1999)

Le domaine des tensioactifs est important non seulement en terme de quantité consommée mais également en terme de diversification des secteurs d'applications.

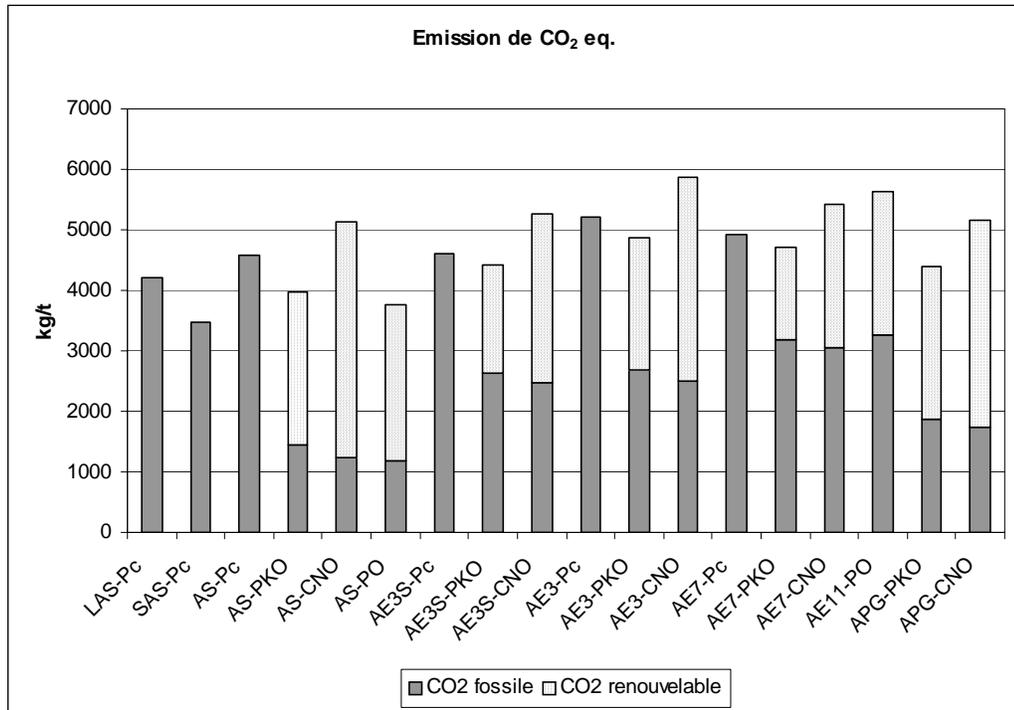
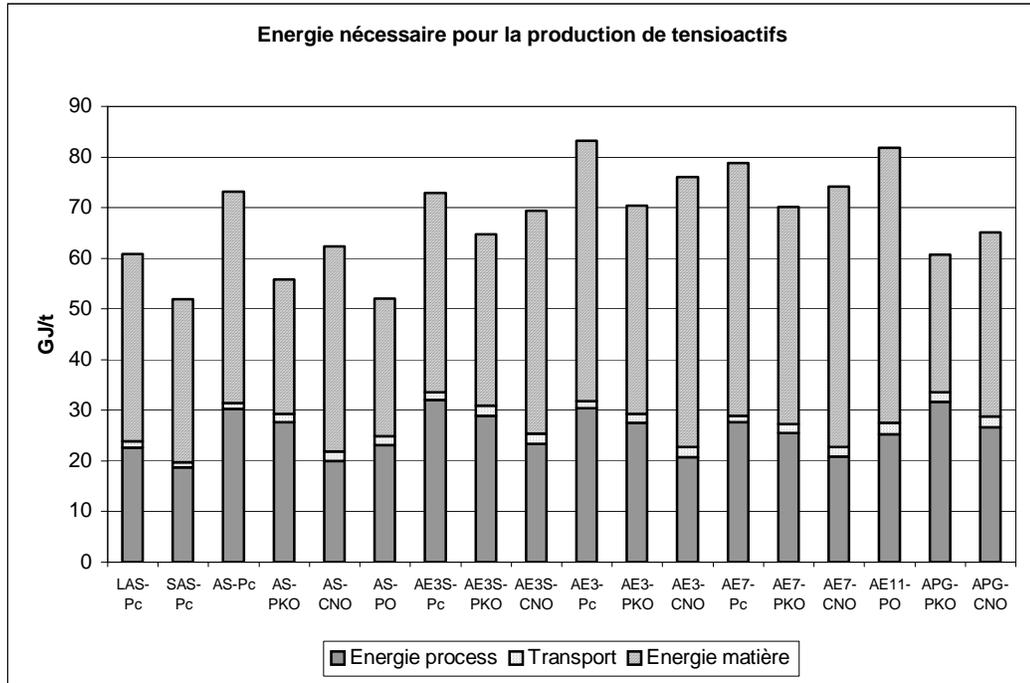
Cet article traite le cas de la production de tensioactifs en Allemagne.

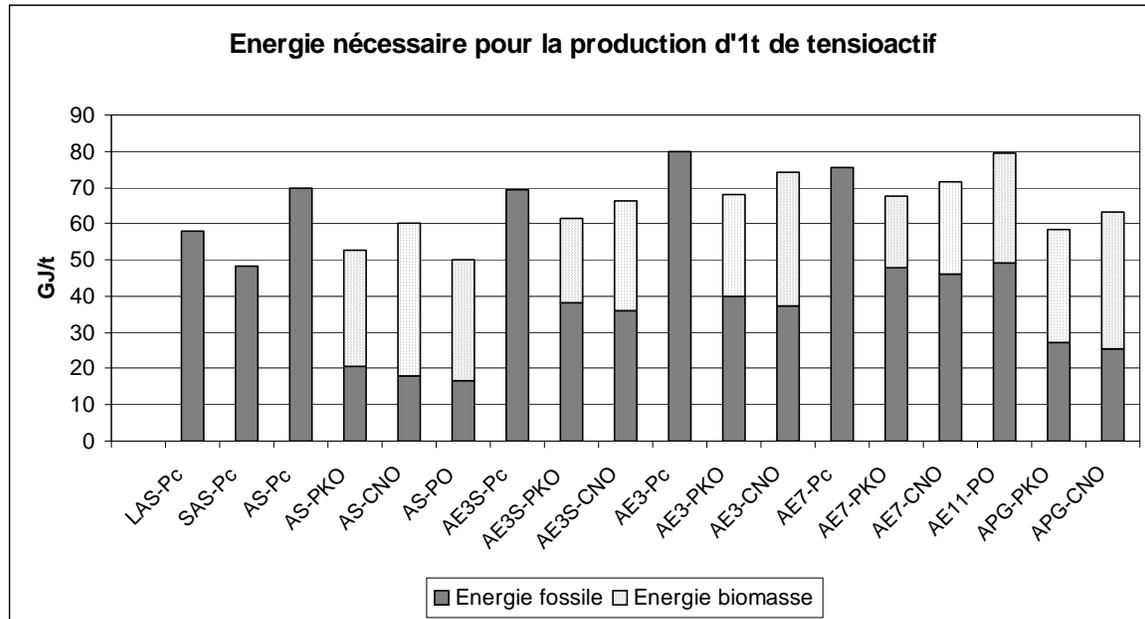
Les matières premières pour la synthèse des 6 tensioactifs les plus utilisés en Allemagne à savoir le savon, LAS, SAS (secondary alkane sulphonate), AS, AES, AE et APG sont les:

- minéraux : NaCl, calcaire, sulfure, oxygène et azote
- ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon)
- ressources renouvelables : huiles végétales , mais et suif

Le savon à base d'huile de palme est le seul tensioactif totalement d'origine végétale d'après eux. Lors de leur synthèse les APG nécessitent du méthanol issu du pétrole pour produire de l'alcool gras. En réalité, lors de la transestérification avec le méthanol et après hydrogénation, la partie provenant du méthanol s'enlève.

La limite du système est celui du « cradle to factory gate ».





Si on considère la totalité des énergies, le LAS et l'APG requièrent à peu près les mêmes énergies pour leur production. En terme d'énergie fossile, l'APG utilise moins d'énergie que les surfactants à base de pétrole.

Lorsque la chaîne grasse d'un tensioactif provient du pétrole, l'énergie fossile utilisée est plus élevée que lorsqu'elle provient des plantes, par exemple, les AE ou AES ou AS.

De même pour les émissions de gaz à effet de serre, ils émettent moins de CO₂ d'origine fossile pour les tensioactifs renouvelables.

Hirsinger F., (1998)

Dans cet article, il compare les énergies fossiles et les émissions de gaz à effet de serre des tensioactifs pétrochimiques et d'origine renouvelable. En ce qui concerne les matières premières, les tensioactifs oléochimiques utilisent 30 à 70% d'énergie fossile en moins par rapport aux tensioactifs pétrochimiques.

D'un point de vue énergétique, les tensioactifs issus du végétal consomment moins de 30 à 70% d'énergie fossile. Le savon, AS oléochimique et APG sont les tensioactifs qui utilisent le moins d'énergie.

Pour les émissions de gaz à effet de serre, elles sont semblables, mais il faut considérer que des CO₂ issus des énergies renouvelables sont pris en compte.

Le savon et l'APG produisent beaucoup plus de déchets par rapport aux autres tensioactifs.

Stalmans M. et al.,(1995)

European Life-Cycle Inventory for Detergent Surfactants Production, Tenside Surf. Det. , 32 (1995) 2

Cet article étudie l'analyse de cycle de vie de 7 tensioactifs différents à savoir le LAS, AS, AE, AES, APG, SAS et le savon.

L'unité fonctionnelle est rapportée à la production de 1000 kg de surfactant. Le système considéré est le « cradle to factory gate »

Saouter et al., (2001)

Dans cet article, une évaluation du cycle de vie d'un détergent lessive de Procter and Gamble depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des produits a

été réalisée sur base des pratiques d'utilisation en Belgique. L'unité fonctionnelle est basée sur 1000 cycles de lavage.

Il a été montré que 80% des énergies utilisées sont consommées durant le chauffage de l'eau de lavage.

Stalmans M. et al., (1995)

European Life-Cycle Inventory for Detergent Surfactants Production

Dans cet article, ils comparent la production des tensioactifs à partir du pétrole et du végétal.

Voici les bilans de la production de tensioactifs alcools éthoxylés lorsque la partie grasse est obtenue soit à partir du pétrole (Pc) soit à partir de l'huile de palme (PKO).

	AE ₃ Pc	AE ₃ PKO
Matières premières (kg/t de surfactants)		
Gaz naturel:		
Matières premières	458	157
Sources d'énergie	350	186
Pétrole :		
Matières premières	621	234
Sources d'énergie	111	167,5
Charbon :		
Matières premières	0	0
Sources d'énergie	170	143
Fruit de Palme :		
Matières premières	0	1517
Sources d'énergie	0	357
O ₂	351	359
N	17,6	17,6
Energie (GJ/t de surfactant)		
Procédé	30,3	22,2
Transport	1,35	1,79
Energie liée aux matières	51,5	46,4
Total	83,2	70,4 (27,9 à partir de la biomasse)
Déchets solides		
Déchets liés au procédé	8,47	28
Déchets liés à la combustion du carburant	58,5	46,1
Total	66,97	74,1
Emission de gaz à effet de serre		
NO _x		
Hydrocarbure	17,9	13,6
Oxyde de soufre	36,2	25,2
CO	13,2	10,5
CH ₄	1,41	1,48
CO ₂ fossile	0,012	14,5
CO ₂ non-fossile	2293	1791
CO ₂ total	0	413
	2293	2204

En comparant les deux procédés de production d'alcools gras éthoxylés à partir du pétrole et à partir du végétal (huile de palme), on peut relever les constatations suivantes :

- EO₃ PKO utilise environ 49% en moins d'énergie fossile
- les émissions de CO₂ sont comparables

- Pour les autres gaz, la production à partir du pétrole émet moins de gaz sauf le CH₄. Il provient essentiellement de la production d'alcool gras à partir d'huile de palme
- EO₃ PKO produit plus de déchets solides lors de l'extraction d'huile de palme à partir des fruits de palmier

Si on analyse ces données, on pourrait dire que l'étape limitante du procédé à partir du végétal est la production de déchet solide lié au procédé. Du CH₄ est également produit lors de l'extraction des huiles, qui est un GES avec un pouvoir de réchauffement global 25 fois plus élevé que le CO₂.

Outre ces inconvénients, il ne faut pas oublier qu'en produisant à partir des plantes, on économise des énergies fossiles, ce qui n'est pas négligeable.

G. Reinhardt and G. Zemanek, (1999)

Vegetable oils for biofuels versus surfactants : an ecological comparison for energy and greenhouse gases

Cet article compare d'un point de vue environnemental, la production de tensioactifs à partir de pétrole et à partir de plantes. Ils ont conclu que produire à partir des huiles végétales, permet d'économiser de l'énergie fossile et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Patel M.K., Theiß A., Worrell E., (1999) Surfactant production and use in Germany: resource requirements and CO₂ emissions

Cette publication évalue les matières premières utilisées pour la production des tensioactifs en Allemagne et les énergies utilisées et les remissions de gaz à effet de serre. Les énergies nécessaires pour la production des tensioactifs varient de 51,9 GJ/t (SAS-Pc) et le 83,2 GJ/t (AE₃-Pc). En général, l'énergie totale nécessaire est plus élevée pour la production de tensioactifs d'origine pétrochimique que d'origine végétale. En ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre, celles des tensioactifs d'origine pétrochimique et végétale sont comparables.

16A. Protocoles de mise en évidence des tensioactifs et dosage de LAS

- **Protocole de mise en évidence de la présence de tensioactifs dans des eaux provenant du réseau hydrographique wallon**

Le choix des sites de prélèvements

D'une part, la sélection des sites de prélèvement a été basée sur une liste et carte des stations d'épuration fournies par la Station Publique de Gestion de l'Eau et sur une étude de la Direction des Eaux de Surface (Réseau de mesure de la qualité des eaux de surface en Wallonie). Les points qui nous semblaient critiques d'après l'étude ont été choisis.

D'autre part, au cours des déplacements, lorsqu'une formation de mousse a été observée en surface des eaux, des échantillons ont été prélevés.

Enfin, les prélèvements ont été effectués de manière à représenter à la fois les différentes régions de la Wallonie mais également l'ensemble de son réseau hydrographique.

Lors de la première campagne, 150 échantillons ont été prélevés dans différents bassins wallons : les bassins de l'Escaut, de la Meuse, du Rhin et de la Seine ainsi qu'à l'entrée et la sortie de quelques stations d'épuration.

Les méthodes d'échantillonnage

Pour chaque échantillonnage, une fiche technique standardisée est rédigée. Celle-ci contient les informations suivantes : date de prélèvement, heure, localisation géographique précise, température de l'eau (celle-ci peut avoir un effet sur la solubilité de l'oxygène et sur la biodégradation des molécules recherchées), le pH (peut avoir une influence sur la charge des tensioactifs), le débit par appréciation visuelle (si celui-ci est élevé, il peut entraîner une dilution des polluants), les conditions climatiques (pluviométrie, température et humidité de l'air et peuvent provoquer des effets de dilution), ainsi que le maximum d'observations telles que la présence de végétation, d'un trouble ou d'une coloration symptomatique de l'eau, d'une formation de mousse ou d'un quelconque indice de pollution.

Les échantillons sont prélevés à l'aide de tubes Falcon qui sont attachés à une perche mesurant environ 1 à 2 mètres. Deux répétitions de chaque prélèvement sont effectuées. L'échantillonnage est effectué au niveau de la surface de l'eau où les tensioactifs s'accumulent et en proscrivant les prélèvements trop près du bord pour éviter les effets de bord.

Ces échantillons sont conservés à une température de 4°C et analysés dans les délais les plus brefs.

Mesure de la tensioactivité

Les mesures de tensioactivité sont réalisées à l'aide d'un appareil Tensimat. Les mesures ont été répétées deux fois. Pour les échantillons contenant des substances tensioactives, des mesures de tension de surface ont également été réalisées 1 ou 2 mois après la date de prélèvement de manière à estimer la persistance du pouvoir tensioactif.

- **Dosage de certains tensioactifs**

Pour vérifier la présence effective de molécules détergentes, la mise au point de protocoles de dosage de certaines d'entre elles s'est avéré nécessaire. Le choix s'est porté sur une grande famille de détergents : les sulfonates d'alkyle benzène linéaires (LAS).

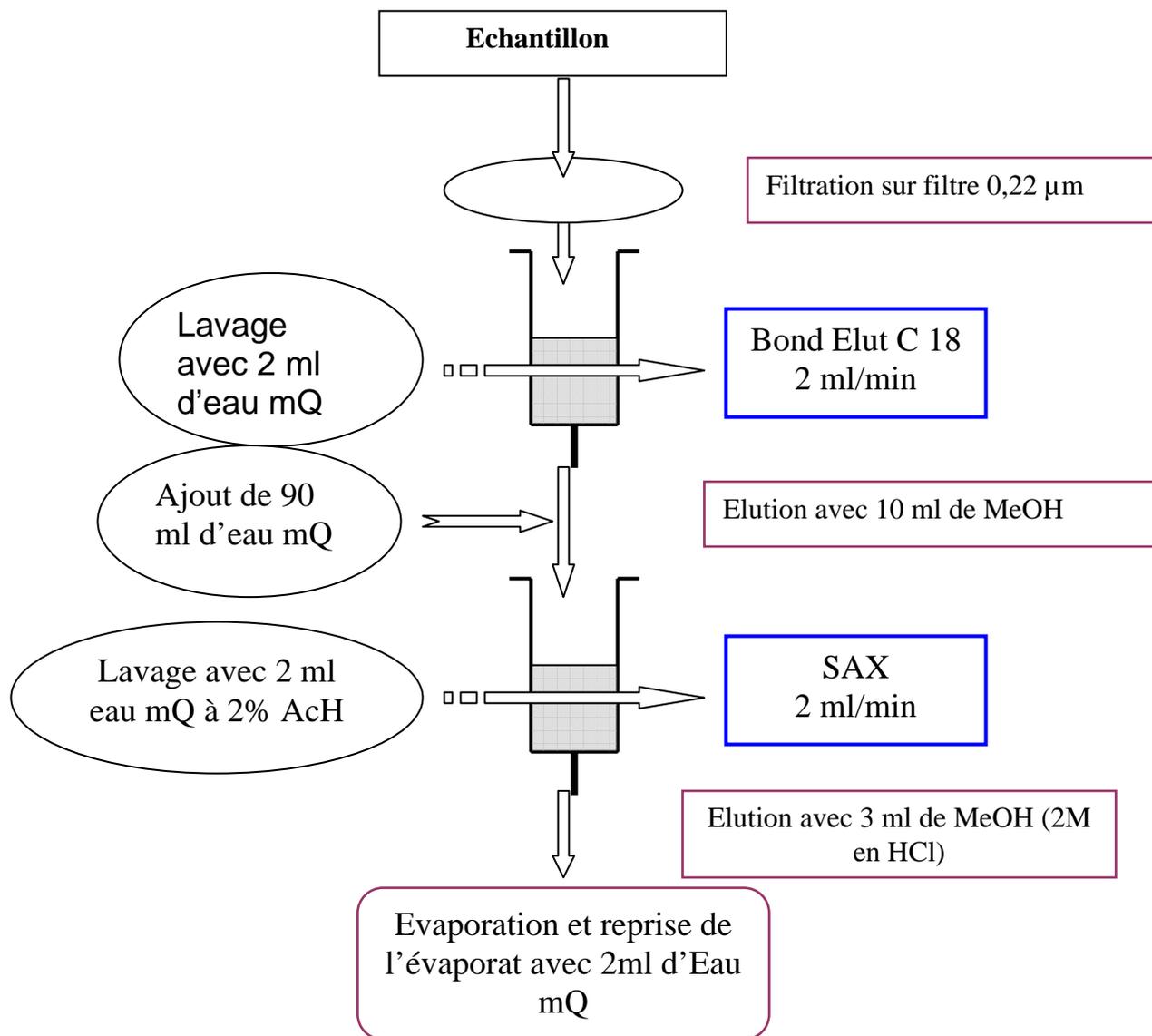
Ce sont des détergents anioniques et sont les surfactants, actuellement, les plus utilisés dans les détergents et les formules nettoyantes dans le monde. Les LAS sont complètement biodégradables en milieu aérobique, mais ne peuvent être biodégradés en anaérobie car la présence de l'oxygène est nécessaire pour cliver le cycle benzénique. Dans les stations d'épuration classiques, 99% des LAS sont éliminés. Des intermédiaires de biodégradation bien connus des LAS sont les acides sulphophényl carboxyliques. Ces derniers doivent aussi être dosés lors d'analyses de LAS de manière à ne pas sous estimer la présence de LAS dans les eaux.

Les difficultés liées à l'analyse de ces détergents dans les eaux de rivière sont nombreuses. Premièrement, la matrice présente un grand nombre d'interférences, qu'il faut pouvoir éliminer lors d'une étape préliminaire de purification telle que la séparation en phase solide sur cartouches (SPE). Il faut également souligner que ces molécules existent sous forme d'une très large variété de structure. En effet, il existe des centaines d'homologues, d'oligomères et d'isomères de ces molécules, ce qui complique la tâche des analystes. Enfin comme détaillé ci-dessus, ces molécules subissent une biodégradation rapide et partielle qui peut donner naissance à des molécules intermédiaires tensioactives.

Purification des échantillons d'eau par SPE

Il existe de nombreuses impuretés au niveau des échantillons d'eau qu'il faut pouvoir éliminer préalablement à l'analyse HPLC. Pour ce faire nous avons choisi le schéma de purification ci-dessous. La filtration sur filtre de porosité 0,22 µm va permettre d'éliminer les particules solides en suspension dans les eaux. Le passage sur colonne à phase C18 a pour objectifs le nettoyage, la purification et la concentration des détergents en phase aqueuse. La colonne SAX est quant à elle spécifique aux anions.

Lors de la mise au point, des prélèvements vont être effectués à différents stades du protocole de purification (voir schéma ci-dessous) de façon à estimer les rendements de purification de ces différentes étapes et à optimiser celui-ci. Ces expériences sont réalisées à partir d'eau de rivière ne contenant aucun détergents. Cette eau sera dopée à l'aide d'un mélange d'homologues de LAS (C10, C11, C12, et C13).



Notre protocole d'extraction nous a permis d'obtenir une fraction concentrée et purifiée contenant nos LAS ainsi que certaines impuretés plus hydrophiles. Les rendements pour les différents homologues sont repris au tableau ci-dessous.

Homologues	Rendements (n = 3)
LAS 10	0,762 ± 0,0234
LAS 11	0,757 ± 0,0213
LAS 12	0,718 ± 0,0189
LAS 13	0,712 ± 0,0261

On remarque que plus grande est la longueur de chaîne, plus les pertes sont importantes.

Analyse HPLC des LAS ainsi que de leurs produits de dégradation

1. Matériel et méthodes

Produits utilisés

- LAS C10, C11, C12 et C13.

Matériel

HPLC 1050 muni d'une colonne analytique Acclaim[®] surfactant de chez Dionex (4,6 x 150 mm, 5 µm).

Le solvant A est de l'acétonitrile. Le solvant B est de l'eau mQ à 100 mM d'acétate d'ammonium et à un pH de 5,4. L'analyse est réalisée en isocratie avec un mélange 75/25 respectivement de A et de B.

Le volume d'injection est de 100 µl et la longueur d'onde de détection est de 262 nm.

Pour la détermination des droites de calibration des différents LAS homologues de longueur, des solutions standard de mélange des 4 espèces ont été utilisées (25, 50, 100 et 150 mg/l) et les absorbances de ces dernières ont été considérées comme équivalentes. Les valeurs de R² correspondantes sont comprises entre 0,9968 et 0,9975.