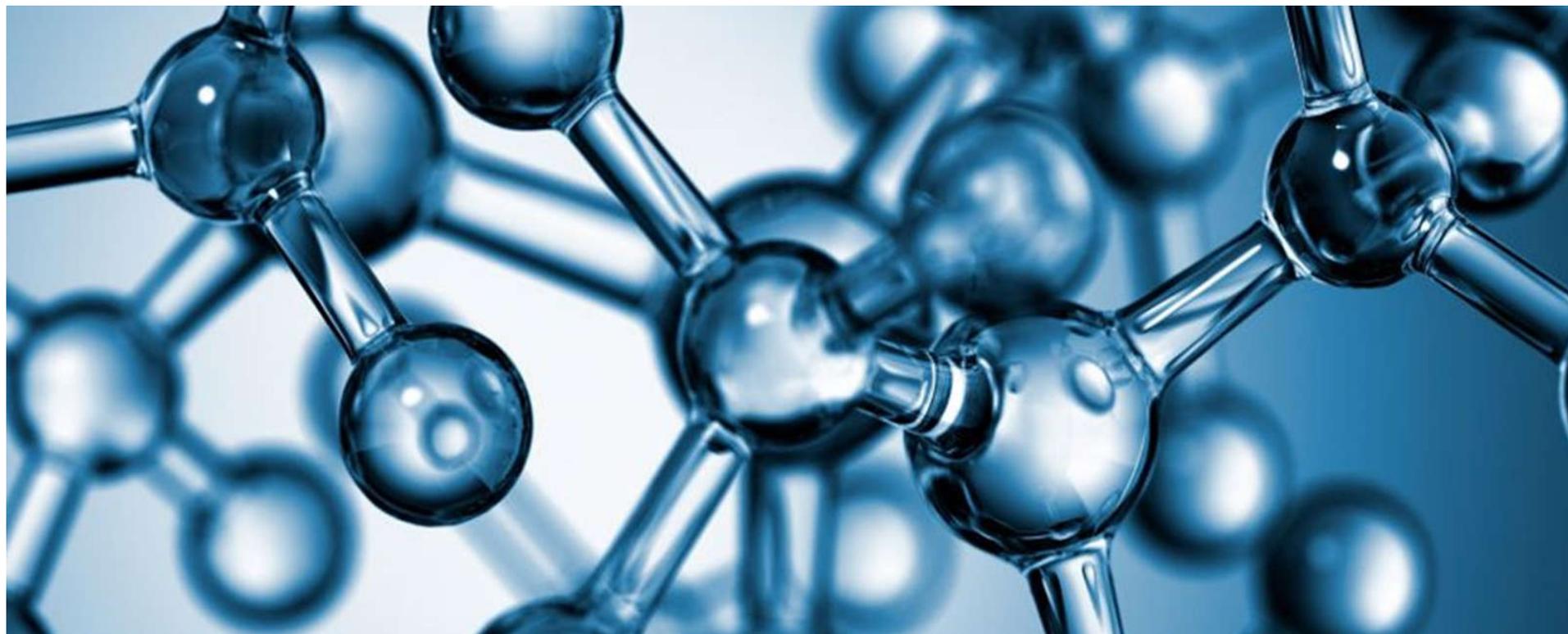


LES
BIOPLASTIQUES
OU L'ART DE SE RÉINVENTER



Sommaire

I. Polymères et bioplastiques

- a. Qu'est-ce qu'un polymère ?
- b. Des monomères aux polymères
- c. Les 3 catégories de bioplastiques
- d. Quelques généralités
- e. Au laboratoire
- f. Direction le MSIRI !

II. Les PHAs

- a. Histoire et types
- b. Le protocole du MSIRI
- c. La synthèse bactérienne du PHA
- d. L'estérification
- e. Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques
- f. Des PHAs au matériau
- g. La biodégradation extracellulaire

III. Une problématique mauricienne et mondiale

- a. L'enjeu économique et sociétal
- b. L'enjeu environnemental
- c. Le potentiel écologique des PHAs
- d. Notre action de communication



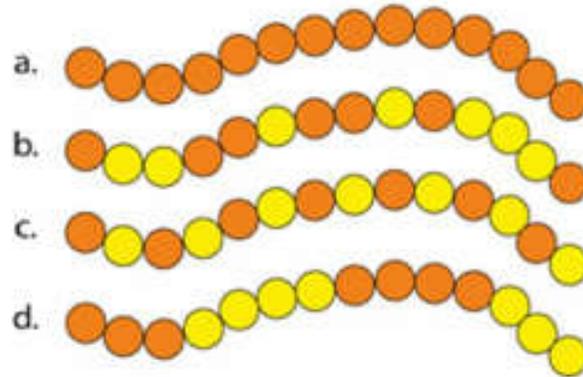
Polymères et bioplastiques



Qu'est-ce qu'un polymère?

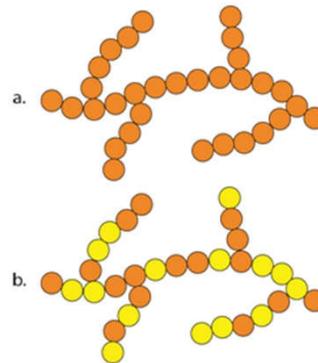


Fig. 1 : polymères linéaires



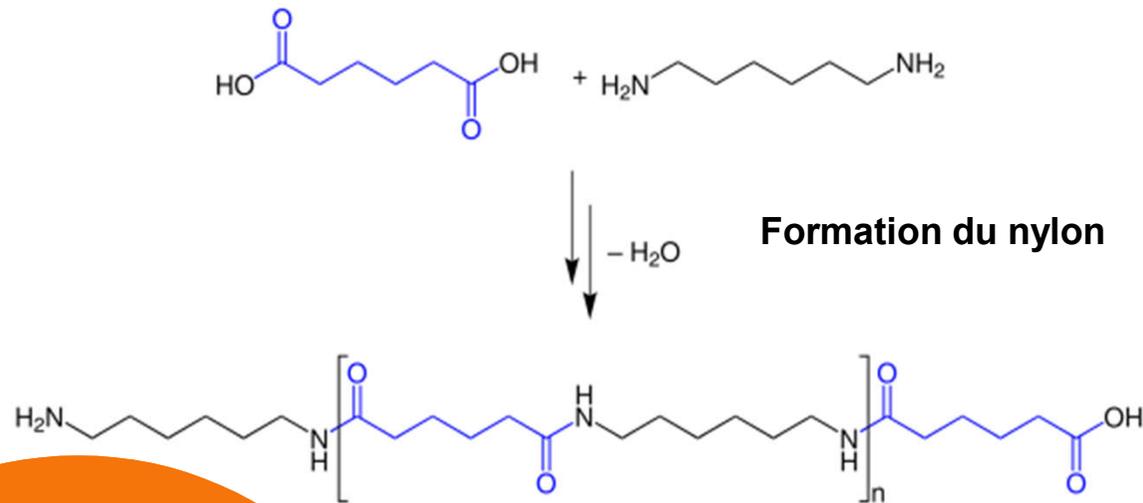
(a.: homopolymère, b. : copolymère statistique, c. : copolymère alterné, d. : copolymère séquencé)

fig. 2 polymère non-linéaire
(ramifié)

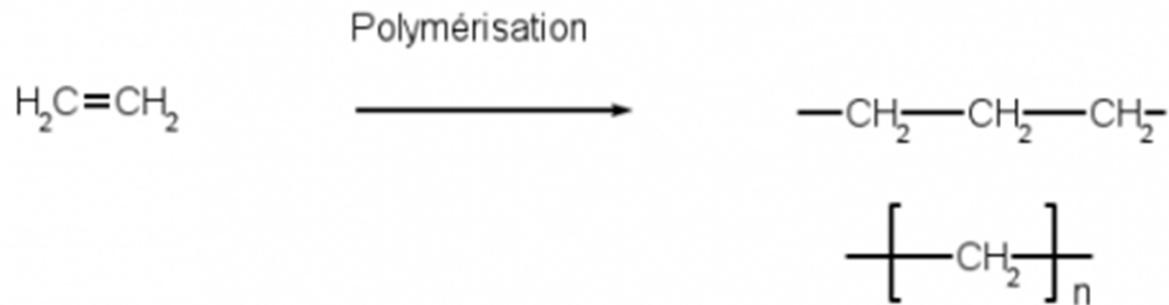


Des monomères aux polymères

Polycondensation ...



...et polymérisation en chaîne



Monomère d'éthylène

Polymère de polyéthylène

Les 3 catégories de bioplastiques

Biodégradable
Polytéréphthalate d'éthylène (PET)

Biosourcé
Polyéthylène biosourcé (Bio-PE)

Biosourcé et biodégradable
PHA
PLA (acide polylactique)



up to 30% plant-based
100% recyclable bottle
redesigned plastic,
recyclable as ever.



Quelques généralités

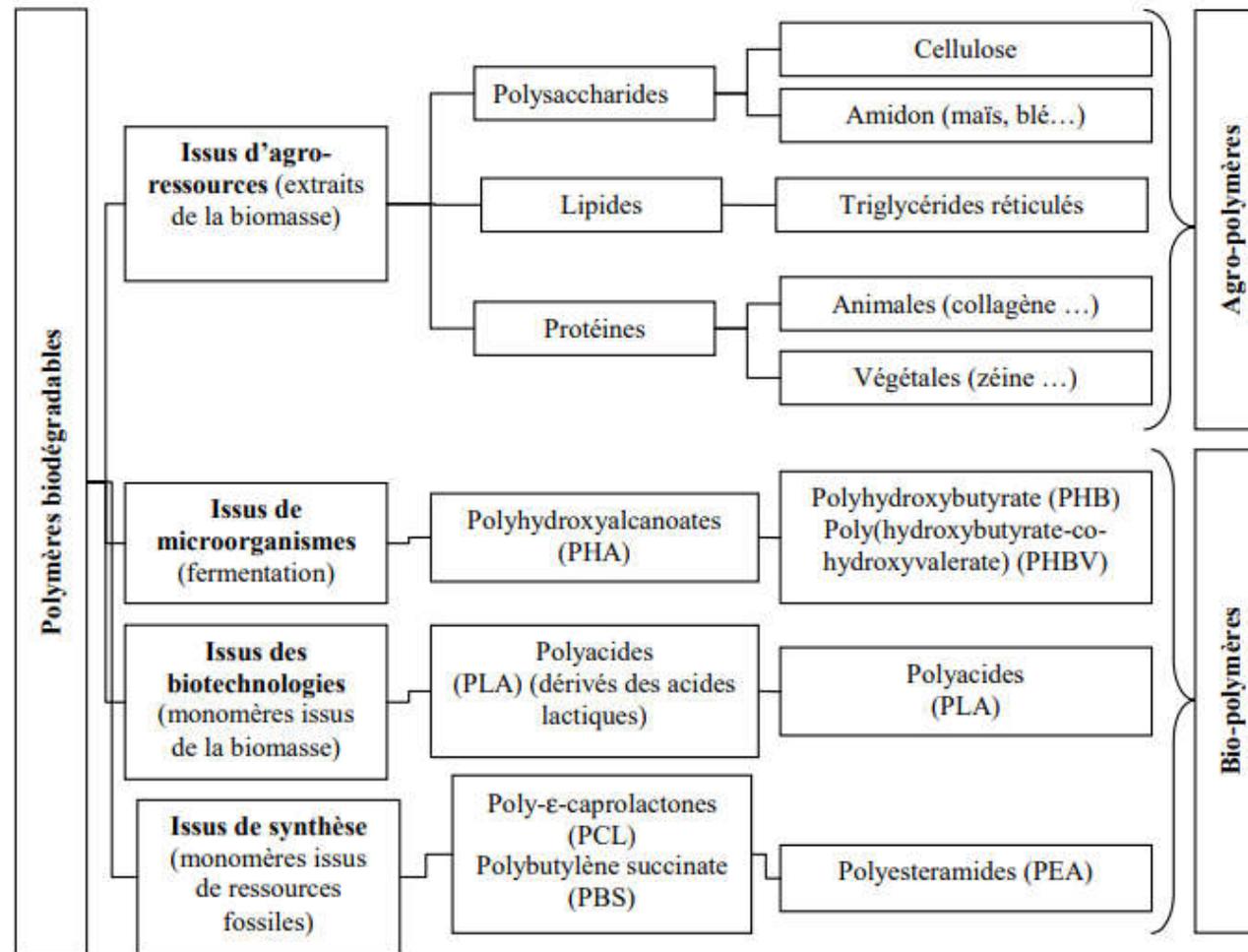


Figure 5. Classification des polymères biodégradables (Avérous, 2004).

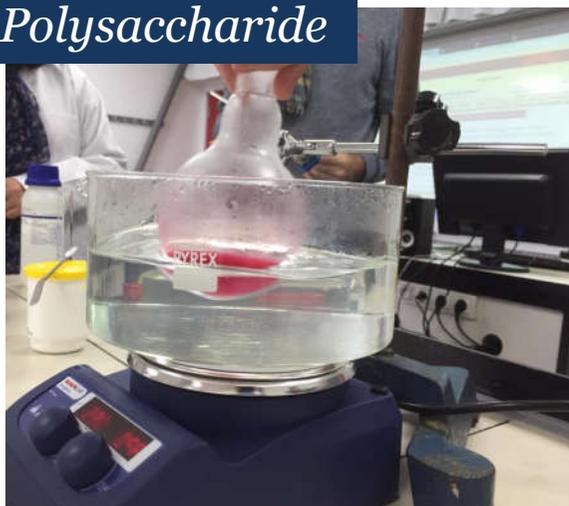




Au laboratoire

La polycondensation du polysaccharide de type amidon

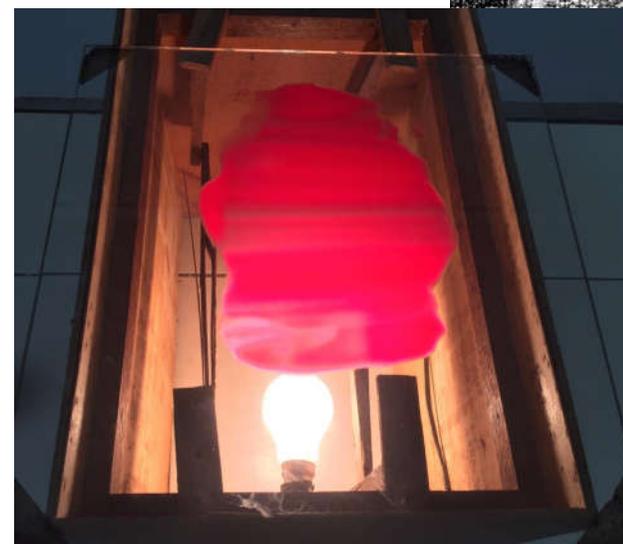
Polysaccharide



Chauffage du ballon



Étalage de la solution visqueuse



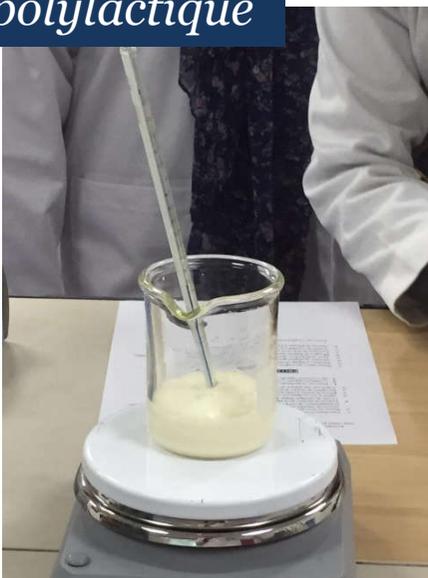
Séchage



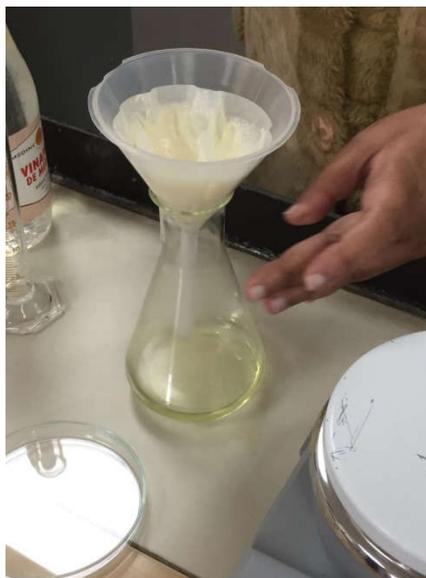


La polycondensation de l'acide polylactique

Acide polylactique



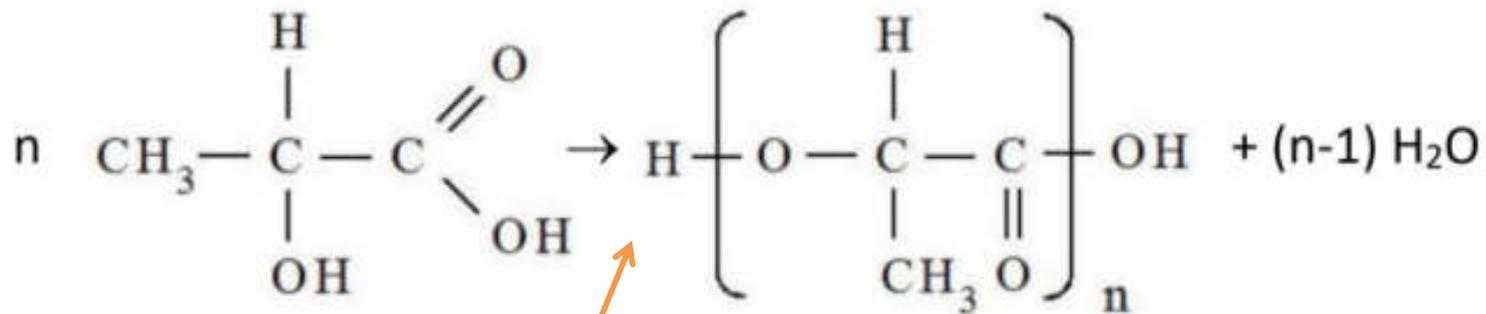
Bécher de lait sur la plaque chauffante



Filtrage du résidu solide



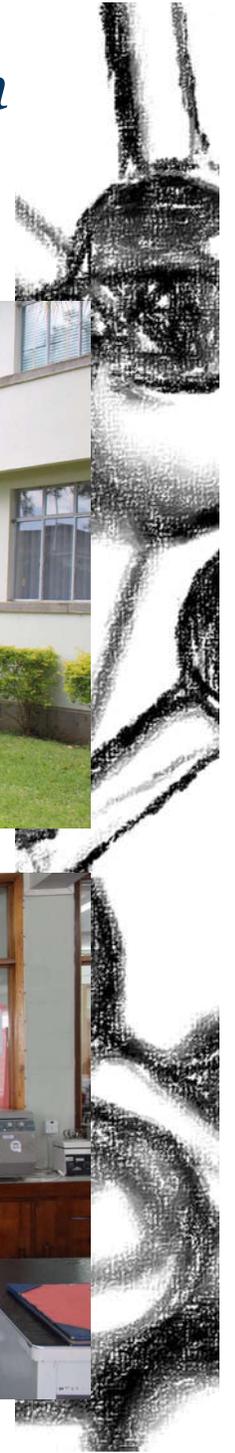
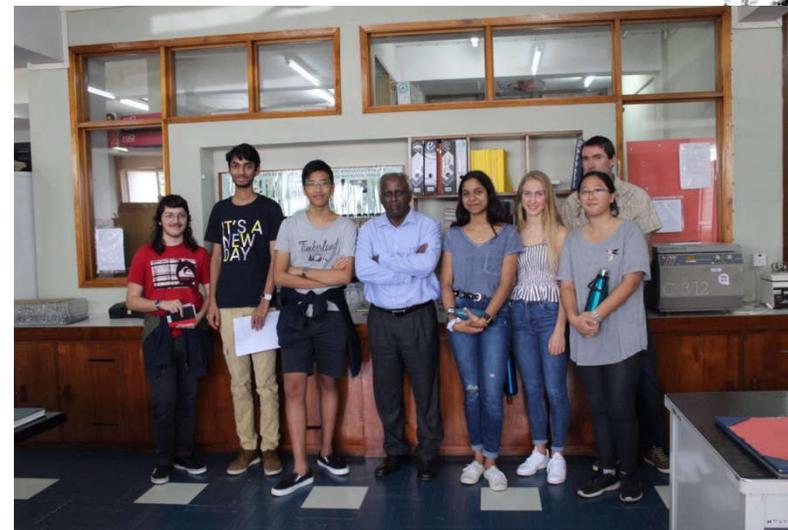
Solide (polymère) séché



H+ du vinaigre catalysent la réaction

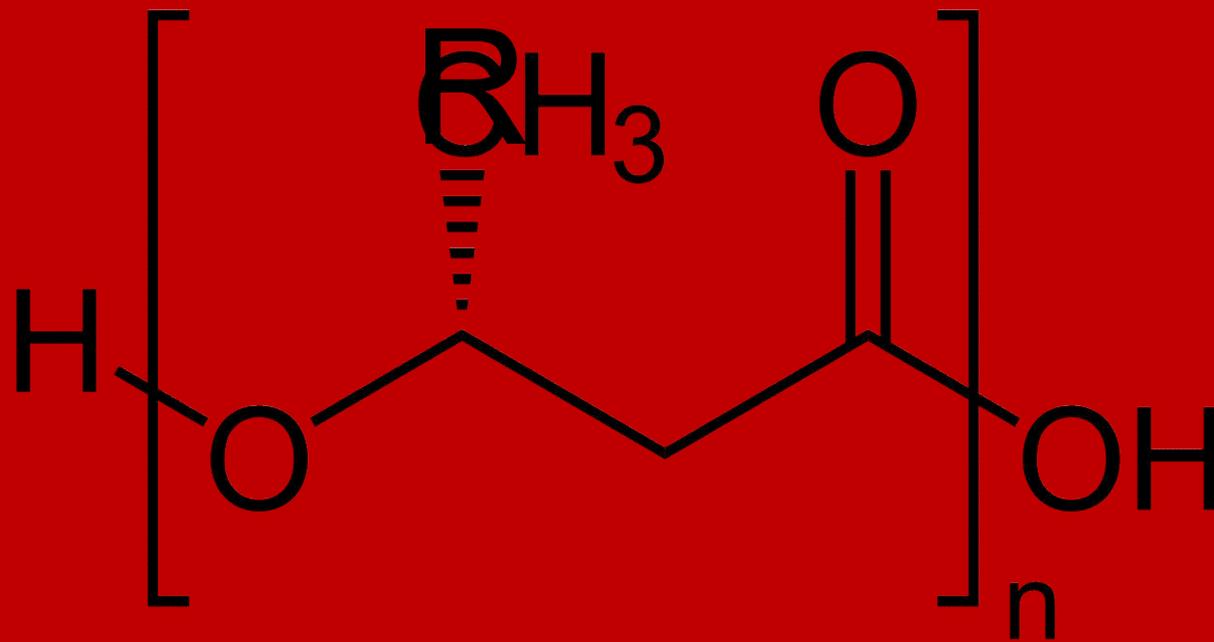


Direction le Mauritius Sugarcane Industry Research Institute (MSIRI) !



Les PHAs

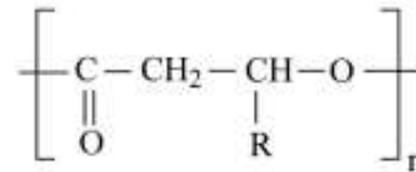
Polyhydroxyalcanoates



Histoire et types



Maurice Lemoigne
de l'Institut Pasteur



R	Nom	Acronyme
CH ₃	Poly(3-hydroxybutyrate)	PHB
C ₂ H ₅	Poly(3-hydroxyvalérate)	PHV
C ₃ H ₇	Poly(3-hydroxyhexanoate)	PHHx
C ₅ H ₁₁	Poly(3-hydroxyoctanoate)	PHO
C ₈ H ₁₇	Poly(3-hydroxyundécénoate)	PHU

Figure 1 - Formule générale des PHA et structures chimiques de quelques homopolymères PHA.

- PHA-scl : jusqu'à 5 carbones
- PHA-mcl : 6 à 14 carbones
- PHA-lcl : 14 carbones



Le protocole du MSIRI



Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, volume 29, 2016

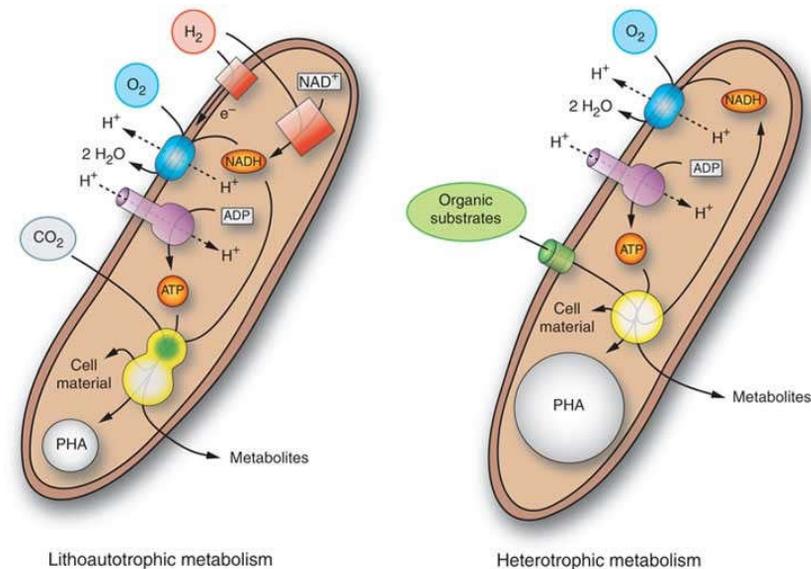


Development of a cost-effective technology for the production of the bioplastic poly-(3-hydroxyalkanoate) from sugarcane harvest residues

G Umrit, S Ganeshan, K Mulleegadoo and A Dookun-Saumtally



fig. 1 La paille de canne à sucre



Lithoautotrophic metabolism

Heterotrophic metabolism

fig. 2 La bactérie *Ralstonia eutropha*
source: *Nature*



Synthèse bactérienne du PHA

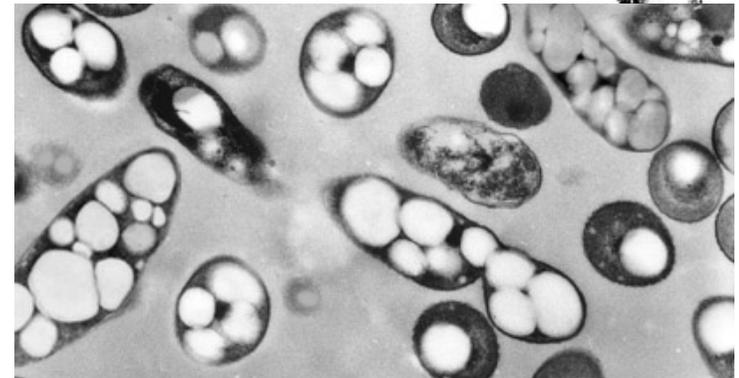


fig. 1 PHA intracytoplasmique

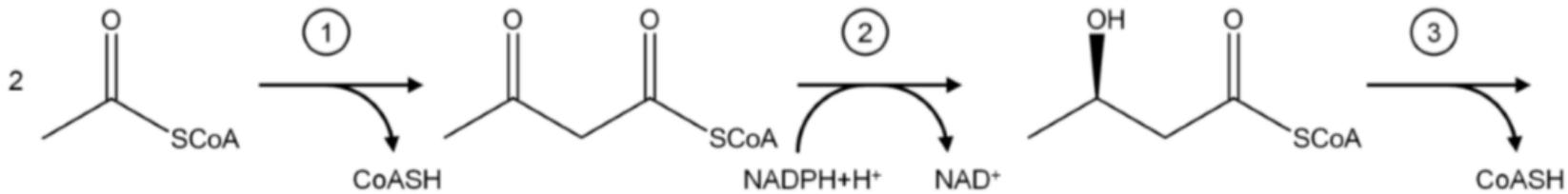
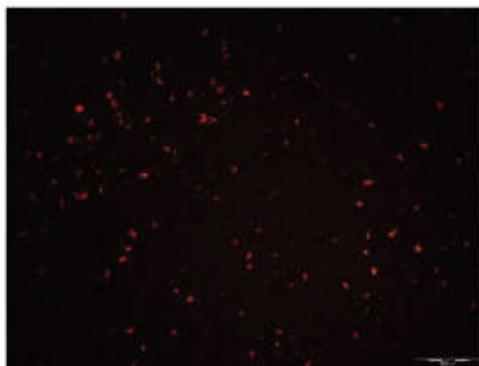
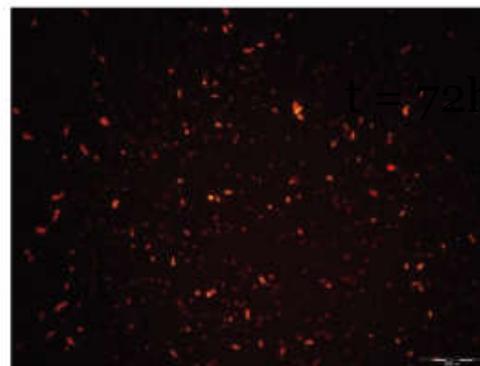


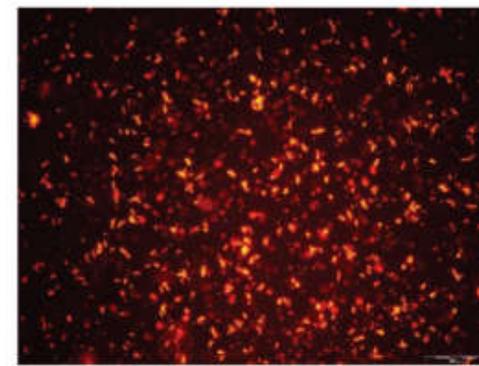
fig. 2 : Biosynthèse du PHB en 3 étapes: 1) β -cétotliolase, 2) acétoacétyl-CoA réductase, 3) PHA synthase.



t = 24 heures



t = 48 heures



t = 72 heures

fig. 3 Suivi de la phase de production de PHA au microscope à épifluorescence.

L`estérification

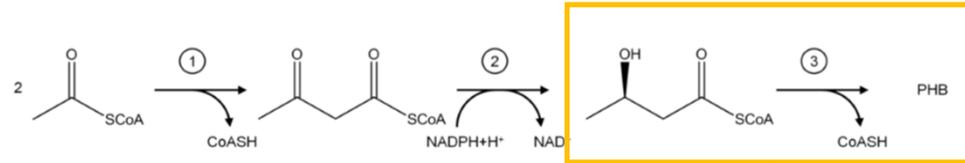


fig. 1

Figure 5: Biosynthèse du PHB en 3 étapes: 1) β -cétotliolase, 2) acétoacetyl-CoA réductase, 3) PHA synthase.

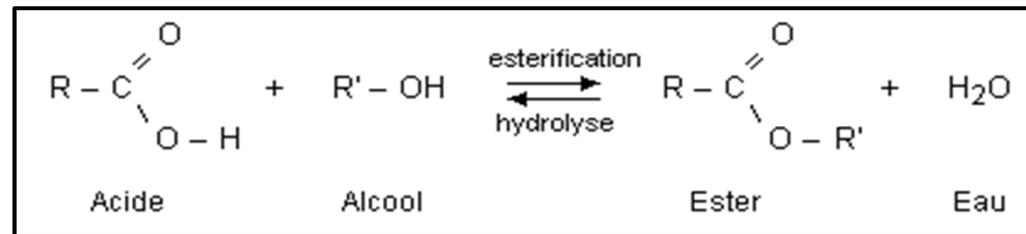
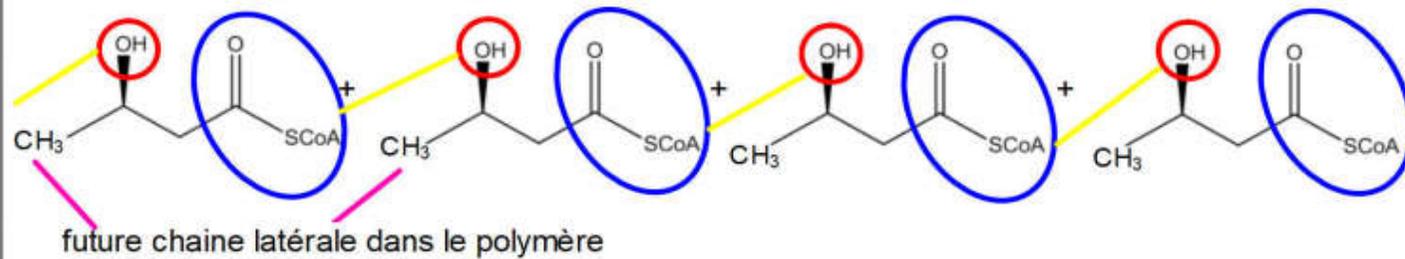


fig. 2

fig. 3

Polymérisation du monomère : synthèse du PHB



réaction du **groupe hydroxyle** du monomère avec le **groupe dérivé du groupe carboxyle** d'une autre molécule de monomère
 → Formation du groupe ester



Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques

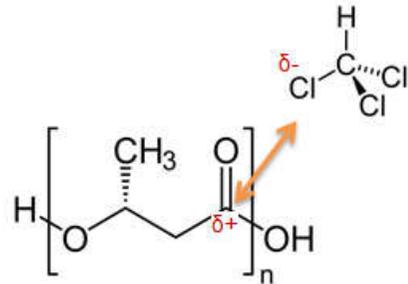


fig. 2: interaction polaire entre C et Cl, qui explique la solubilité dans les solvants chlorés



fig. 3: Granules de PHA
(bccbiocourier)

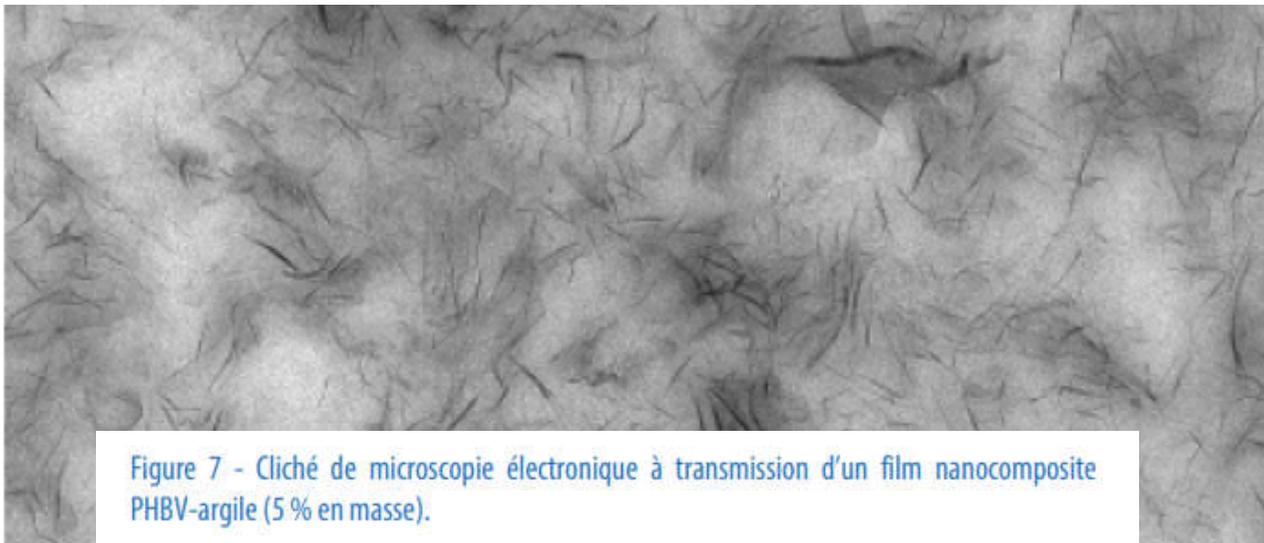
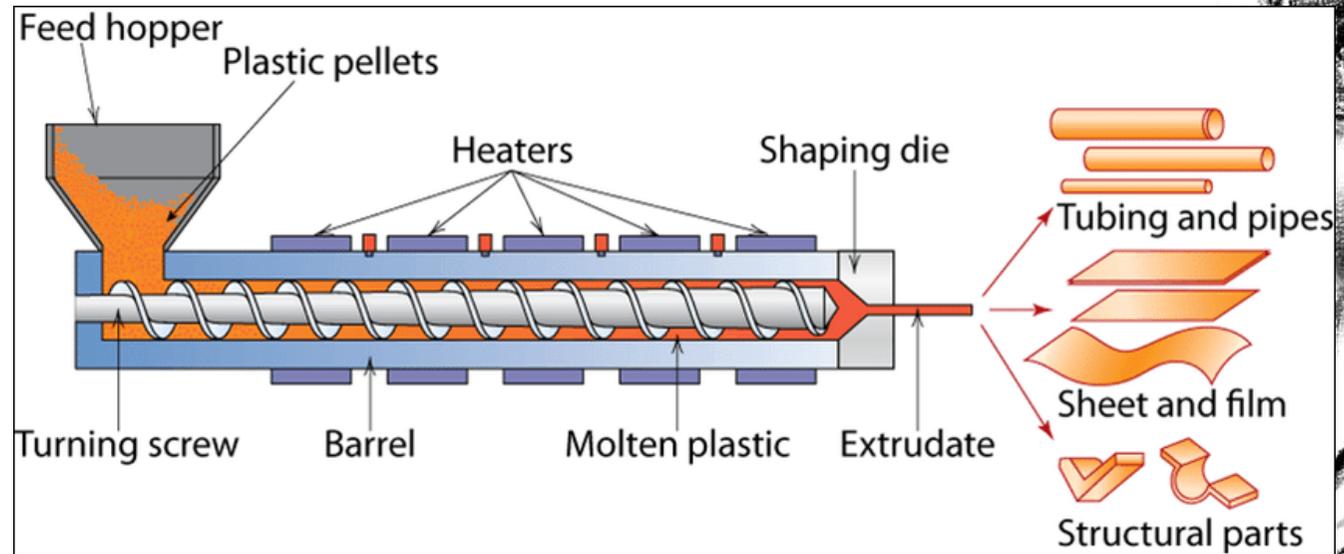
fig. 1 : Caractéristiques mécaniques des PHAscl (Rai 2011).

Composition (%mol)			Module d'Young (GPa)	Contrainte à la rupture (MPa)	Elongation à la rupture (%)
3HB	3HV	3HHx			
100	-	-	3,5	40	4
97	3	-	2,9	38	5
91	9	-	1,9	37	8
86	14	-	1,5	35	12
80	20	-	1,2	32	50
75	25	-	0,7	30	-
98,5	-	2,5	0,63	43	6
90	-	10	0,23	21	400
80	-	20	0,15	20	850



Des PHAs au matériau

*Extrusion
(voie fondue)*



*Film nano-
composite
(PHBV-argile)*

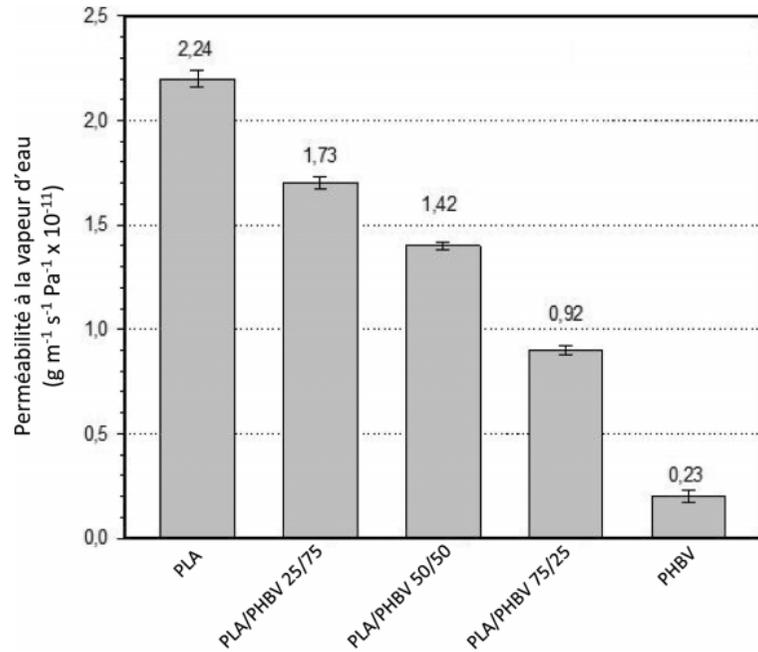
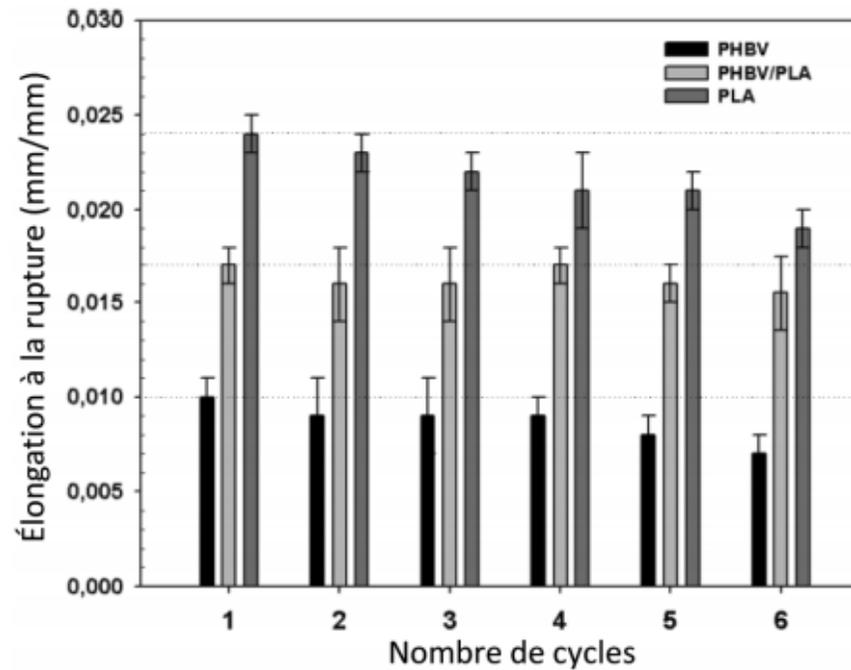


fig. 1

Perméabilité à la vapeur d'eau de mélanges PHBV/PLA (T=23°C à 50% d'humidité)

fig. 2

Variation de l'élongation à la rupture du PHBV, du PLA et d'un mélange PHBV/PLA (50/50) en fonction du nombre de cycles d'extrusion



Biodégradation extracellulaire

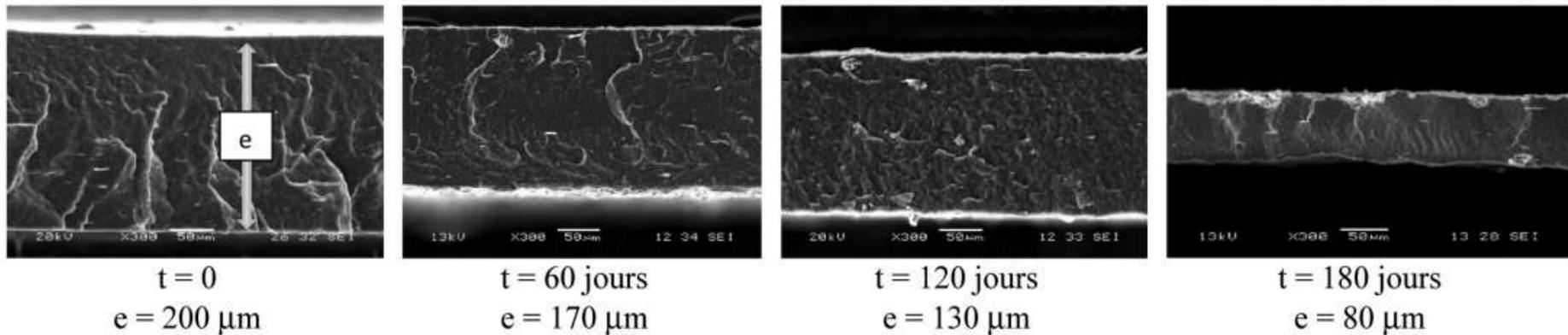


Figure 9 - Clichés de microscopie électronique à balayage d'un film PHBV vieilli en eau de mer naturelle ($10,9 < T < 19,8$ °C).



Action des enzymes PHA-dépolymérase et hydrolase



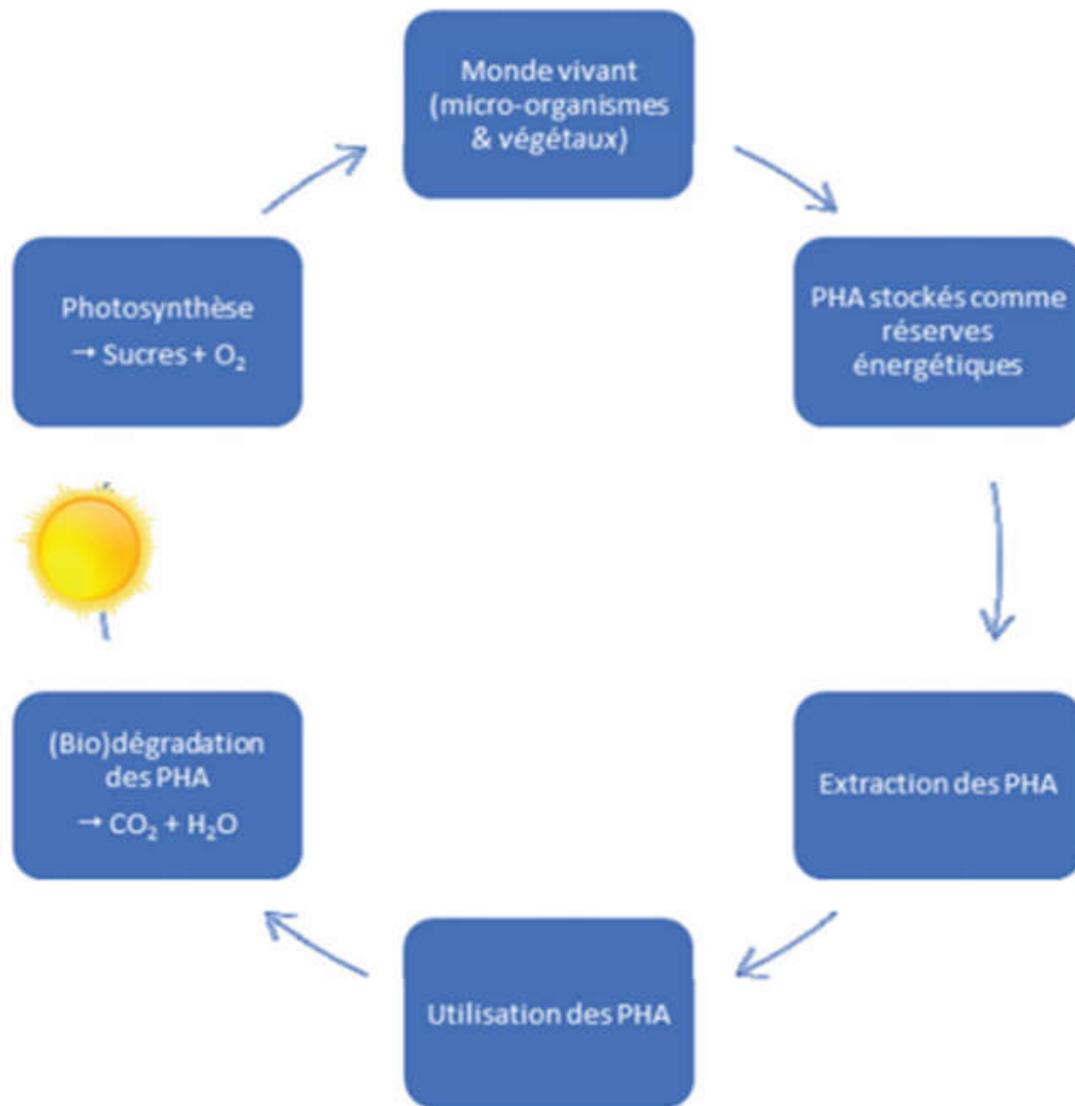


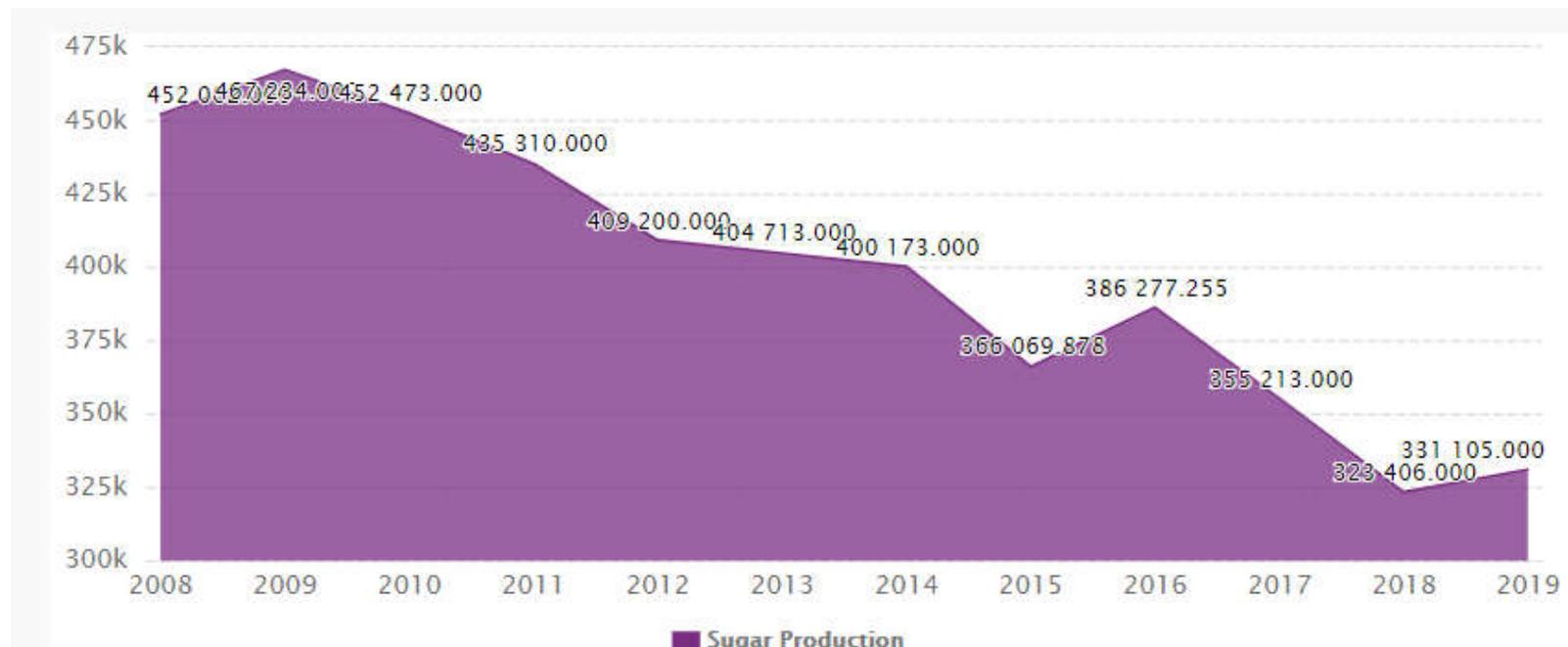
Figure 2 - Cycle de vie des PHA.



Une problématique mauricienne et mondiale



L'enjeu économique et sociétal

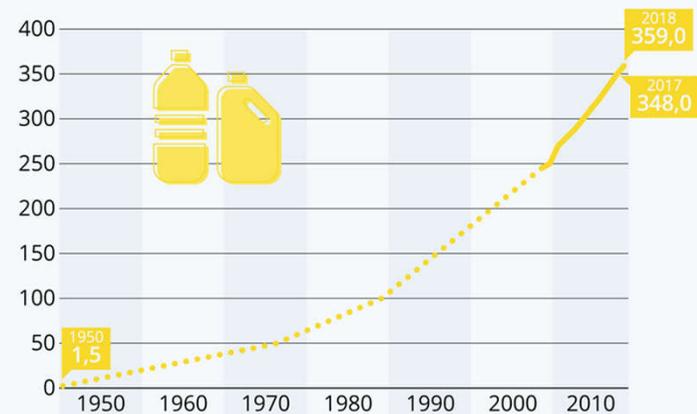


L'enjeu environnemental



70 ans d'industrie plastique

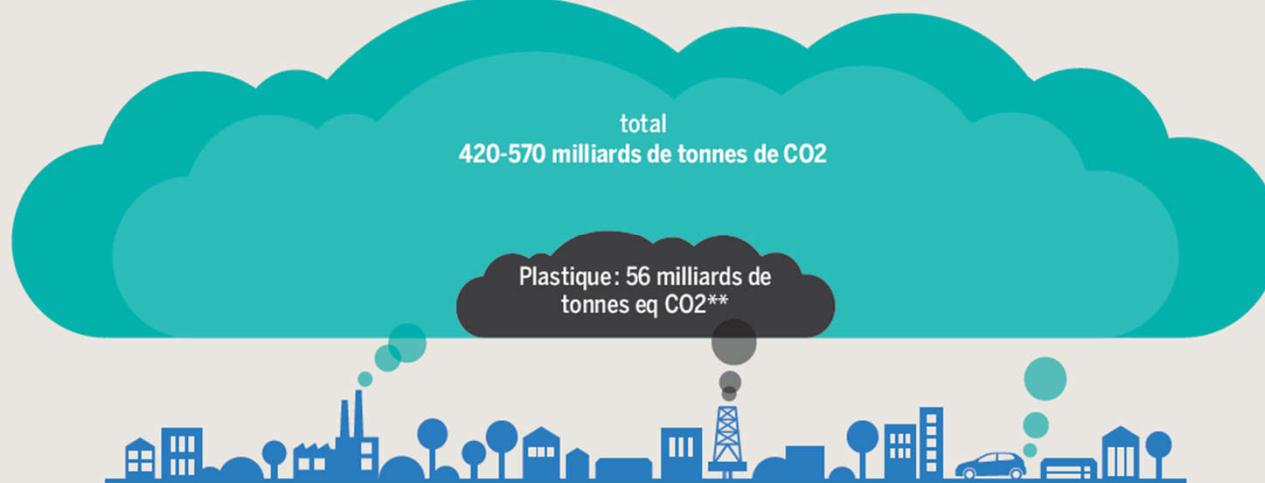
Production mondiale de plastique entre 1950 et 2018, en millions de tonnes métriques



Inclut les thermoplastiques, polyuréthanes, thermodurcissables, élastomères, adhésifs, revêtements et mastics, ainsi que fibres de polypropylène.
Source : PlasticsEurope

LE PLASTIQUE MENACE LE CLIMAT MONDIAL

Projection de la part des émissions de CO2 dues à la production mondiale de plastique dans le budget maximum devant permettre de rester en dessous de 1,5°C de hausse des températures d'ici 2050*



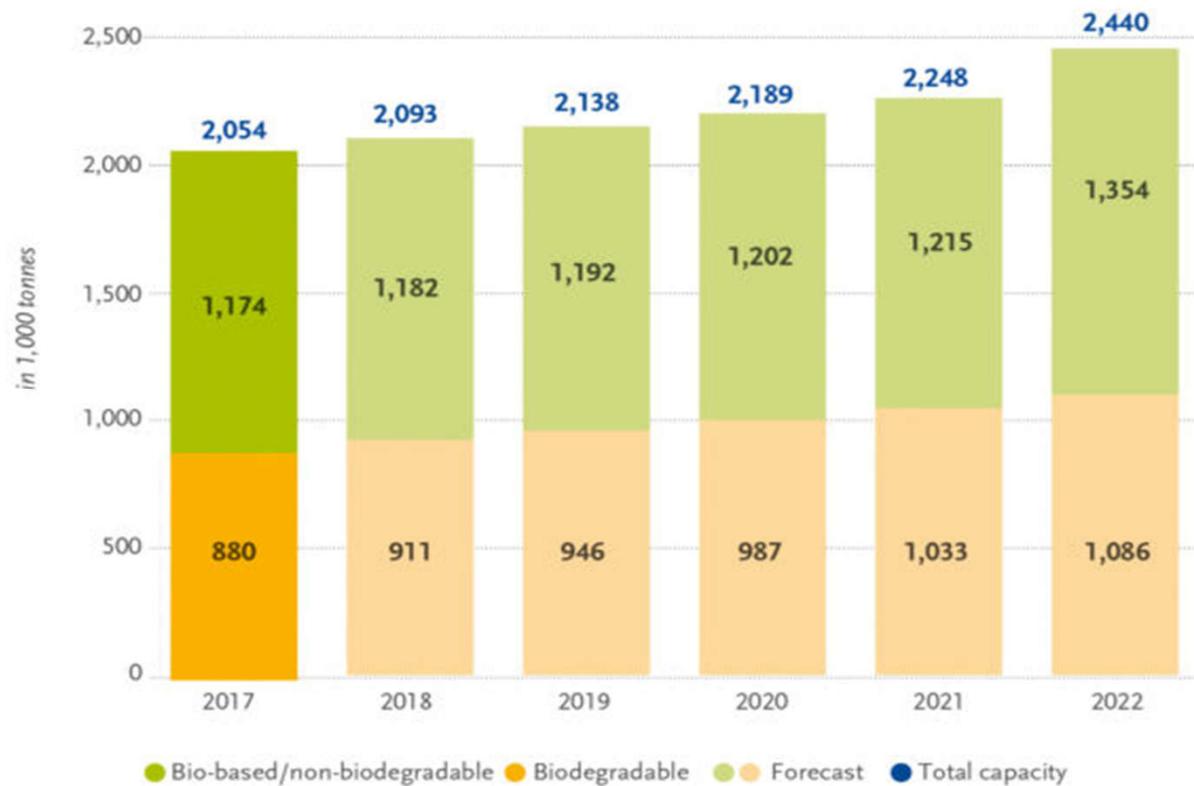
* En 2015, la communauté internationale a accepté de contenir le réchauffement climatique bien en dessous de 2°C et de poursuivre les efforts pour limiter la hausse des températures à 1,5°C par rapport aux niveaux préindustriels.

© ATLAS DU PLASTIQUE 2020 / CIEL, IPCC



Le potentiel écologique des PHAs

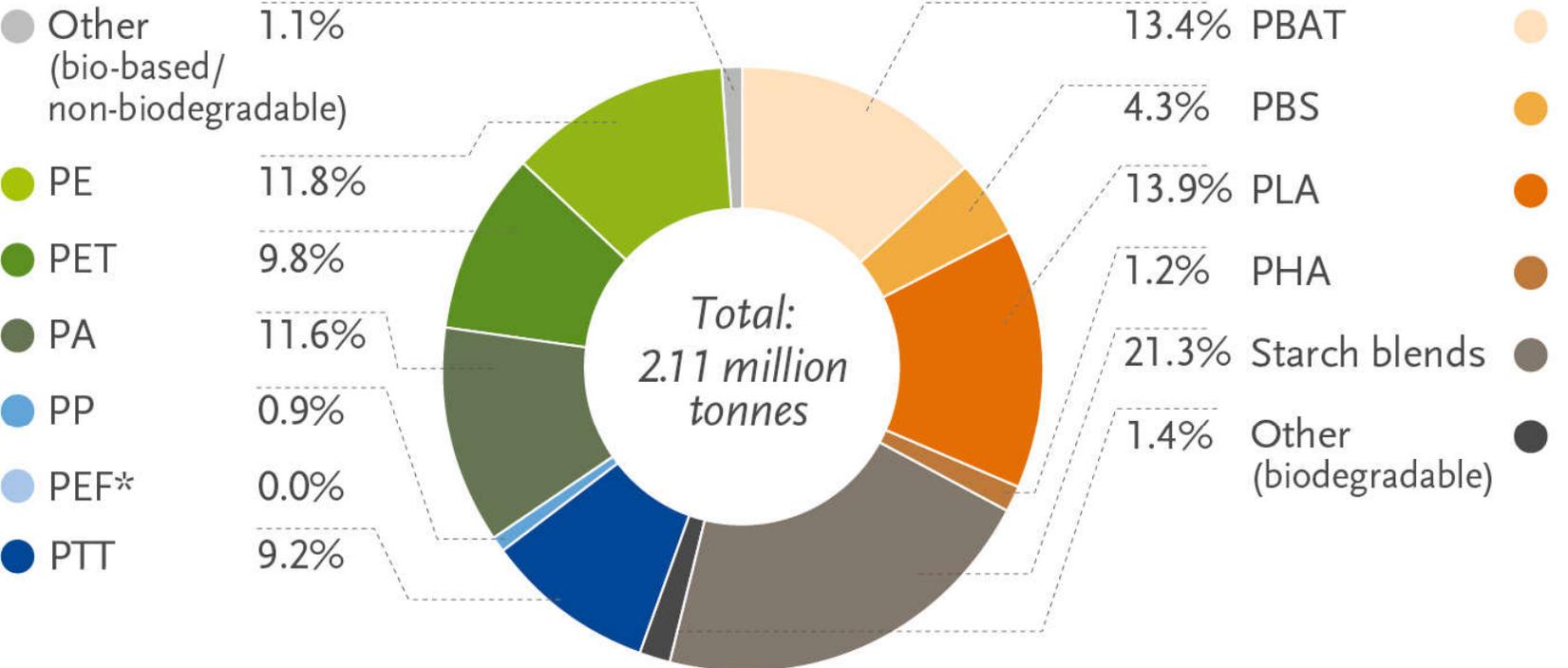
Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2017).
More information: www.bio-based.eu/markets and www.european-bioplastics.org/market



Global production capacities of bioplastics 2019 (by material type)



Bio-based/non-biodegradable
44.5%

Biodegradable
55.5%

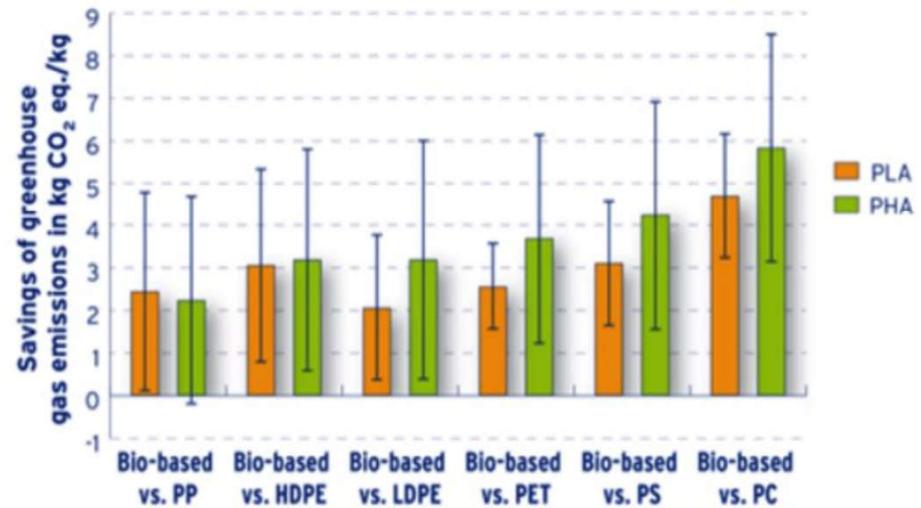
*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

fig. 1

Potentiel de réduction des émissions GES et de la consommation de ressources fossiles

Savings of greenhouse gas emissions due to the production of bio-based polymers

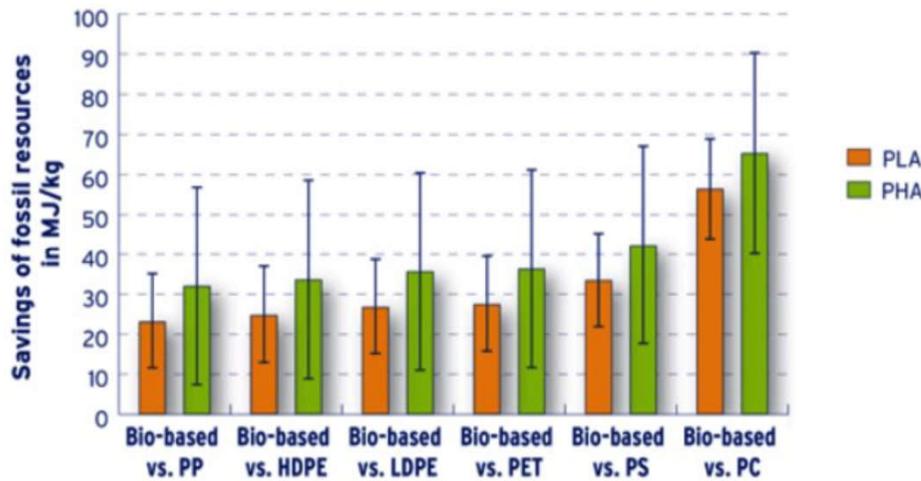


1. Bars indicate average values 2. Whiskers indicate standard deviation 3. Negative values indicate additional emissions of greenhouse gases

Petroleum based polymers: PP = Polypropylene, HDPE = High density polyethylene, LDPE = Low density polyethylene, PET = Polyethylene terephthalate, PS = Polystyrene, PC = Polycarbonate
 Bio-based polymers: PLA = Polylactic acid, PHA = Polyhydroxyalkanoate

Institut.eu | 2012

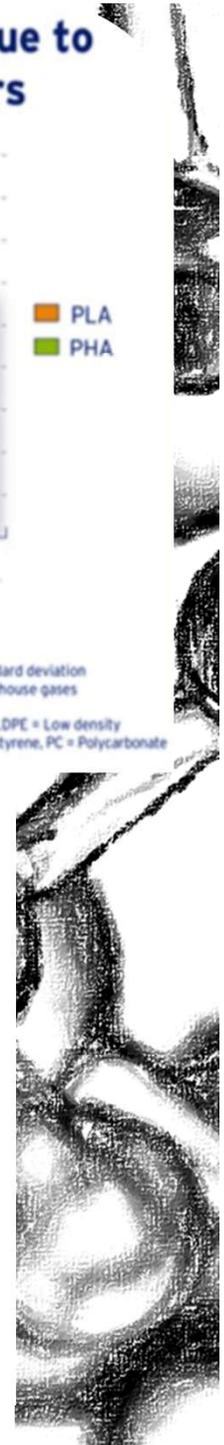
fig. 2 Savings of fossil resources due to the production of bio-based polymers



1. Bars indicate average values 2. Whiskers indicate standard deviation

Petroleum based polymers: PP = Polypropylene, HDPE = High density polyethylene, LDPE = Low density polyethylene, PET = Polyethylene terephthalate, PS = Polystyrene, PC = Polycarbonate
 Bio-based polymers: PLA = Polylactic acid, PHA = Polyhydroxyalkanoate

© Institut.eu | 2012



Notre action de communication



PET
(Polyéthylène téréphthalate)

PHA
(polyhydroxyalcanoate)

PE
(polyéthylène biosourcé)



 **Lycée La Bourdonnais**
10 hrs · 🌐

Nous sommes **6** élèves de Première, Dooshina Oolun, Kaveesh Naggea, Ritchi Tatayah, William Liu Man Hin, Chloe Vaudin et Mei Ah Sui, et en novembr... See more

36^{es} Olympiades Nationales la Chimie



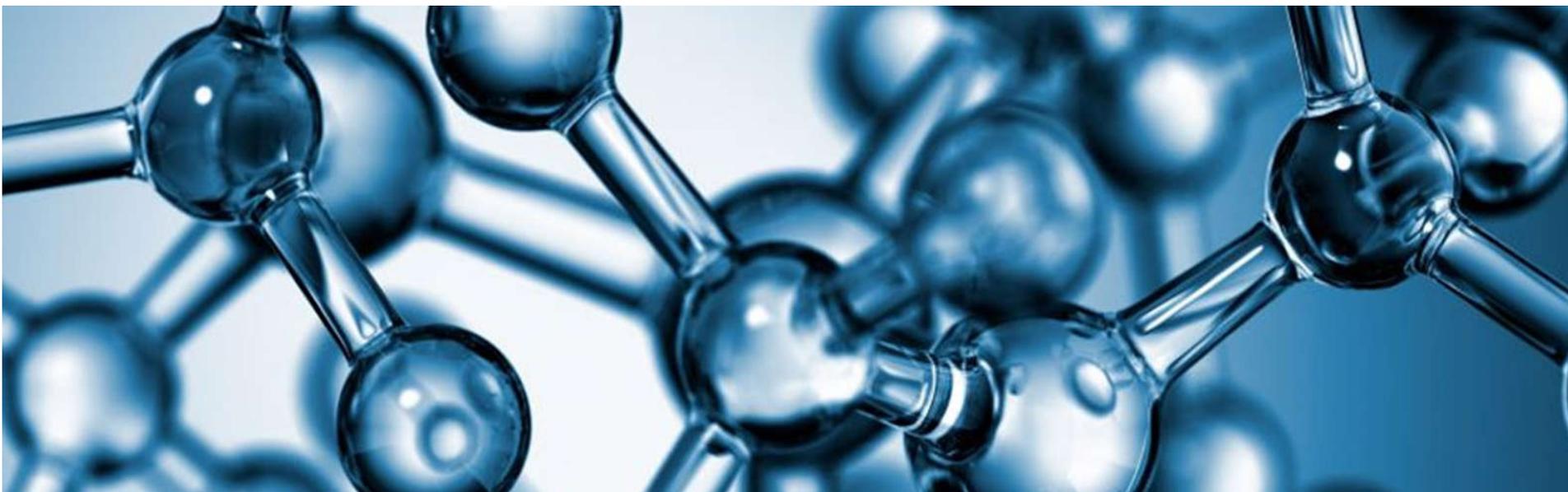
LLB-SECONDAIRE.BLOG
36ème OLYMPIADES DE CHIMIE : Le Bioplastique, ou l'art de se réinventer

👍 16 1 share





Merci de votre attention !



Sources principales:

- *Élaboration de nouveaux biopolyesters bactériens fonctionnalisés pour des applications dans le domaine biomédical* de Pierre Lemechko
- *La biotechnologie au service de la chimie pour obtenir des polymères bactériens biodégradables*, P. Lemechko, L'Actualité Chimique, no. 427-428