

PEUT ON SE PASSER DES MATIERES PLASTIQUES ?**A. Les déchets plastiques dans les océans : un septième continent ?****Document 1 :** <http://ddc.arte.tv/nos-cartes/des-iles-de-dechets>**Document 2 :** le « trash vortex » dans l'Arctique<http://recherchespolaires.inist.fr/?Les-dechets-plastiques-n-epargnent>*Tortue avalant un morceau de plastique***Document 3 :** le « trash vortex » dans le Pacifique

Le **trash vortex** ou "tourbillon d'ordures" est une illustration paroxysmique de la pollution marine. Il désigne un phénomène de pollution à grande échelle lié à la présence de déchets dérivants et d'un courant marin giratoire appelé *grand vortex du Pacifique nord* (*North Pacific Gyre*) qui les concentre dans une zone géographique située entre l'île d'Hawaï et la Californie. Ces déchets flottants, sous l'effet de différents facteurs du milieu tels que le sel, les ultraviolets, et les mouvements de l'eau, se fragmentent et se répartissent dans une zone où l'eau en sera saturée, constituant ainsi une véritable "soupe plastique".

Les déchets plastiques sont des polluants persistants qui peuvent se retrouver dans la chaîne alimentaire. Ils sont une cause de mortalité pour certains vertébrés marins. Les sachets en polyéthylène causent la mort de nombreuses tortues marines qui les prennent pour des méduses dont elles se nourrissent.

Par [Marie-Laure Masquillier](#), INIST-CNRS**Document 4 :** *Diaporama Plastique : Vivre sans matières plastiques ?***Questions**

- 1) D'où proviennent les plastiques habituels ?
- 2) A quelle vitesse se dégradent les plastiques conventionnels ?
- 3) Qu'est ce qu'un bioplastique ?

Document 5 : Des matières végétales comme matières premières de plastiques. Les bioplastiques

Les végétaux peuvent remplacer le pétrole dans la majorité des procédés de l'industrie chimique. Ils ont l'avantage d'être renouvelables, biodégradables et leur production ne contribue pas ou peu aux gaz à effet de serre. Mais pour se substituer à la pétrochimie, cette chimie verte doit encore démontrer son efficacité industrielle, économique et environnementale. Dans ce domaine, innovations et évaluations vont bon train.

En demi-sommeil depuis un siècle, la chimie verte s'est réveillée sous l'effet conjugué des avancées biotechnologiques et d'une réglementation plus stricte contre les rejets dans l'environnement. Elle est dorénavant capable de mettre à disposition de l'industrie chimique des molécules comparables à celles issues de la pétrochimie, mais produites à partir de lipides, d'amidon, de saccharose et de cellulose... Biocarburants, biolubrifiants et sacs plastiques biodégradables sont commercialisés, cependant la chimie verte n'a encore révélé qu'une part des qualités et potentialités de ses « agro-ressources ».

D'après un article rédigé par le service communication de l'INRA, édité par Nicolas Lévy, responsable scientifique du site CultureSciences-Chimie

B. Etude de quelques bioplastiques

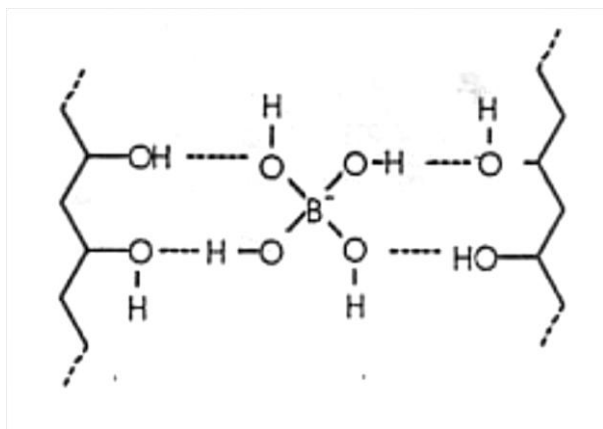
I Le « Slime® »

Le Slime® est une matière vraiment étonnante, pour ses propriétés physiques (visqueuses et élastiques) et aussi pour son aspect gélatineux et dégoulinant !

A. Matières premières

On prépare ce polymère à partir de deux substances :

- L'alcool polyvinylique ou PVA. Il est employé pour la fabrication des colles à bois, comme apprêt dans l'industrie textile etc. C'est un polymère linéaire. En solution, il peut être comparé à de longs spaghettis microscopiques.
- Le borax ou tétraborate de sodium C'est un antiseptique présent dans les bains de bouches. Il joue le rôle de liaison entre les chaînes de PVA, comme du gruyère entre les spaghettis. On appelle ceci une réticulation.



B. Synthèse (Port de gants et lunettes)

- Dans un bécher, verser environ 10 mL de solution de borax et y ajouter éventuellement un colorant de son choix. On peut par exemple colorer avec un colorant : du fluorescéinate de sodium (jaune fluorescent), de la mercurescéine (rouge fluorescent), du bleu de méthylène (bleu) ou n'importe quel colorant alimentaire.
- Dans un autre bécher, verser environ 100 mL de la solution en PVA. Éventuellement, ajouter quelques paillettes ou une goutte de parfum (pas plus).
- À l'aide de la baguette en verre, agiter continuellement la solution de PVA tout en ajoutant la solution de borax colorée.
- Un gel se dépose instantanément sur la baguette en verre. Continuer à homogénéiser en tournant et en écrasant le gel contre les parois du bécher.
- Continuer à mélanger vigoureusement jusqu'à obtention d'une pâte gluante mais non-collante : le Slime®.
- Sortir le Slime® du bécher et le pétrir sur une table lisse et propre (surtout pas de nappe en tissu !) jusqu'à homogénéité parfaite.

Voir video : <http://matse1.matse.illinois.edu/movies/ddw.mov>

C. Quelques propriétés du Slime®

- Il casse net lorsqu'on le brusque, mais coule très lentement lorsqu'on le suspend.
- Il peut s'étirer sur plusieurs mètres sous son propre poids.
- Deux morceaux de Slime® peuvent fusionner lorsqu'on les mélange.
- Posé sur une surface lisse, le Slime® s'étale en forme de flaque circulaire.
- Déposé dans un récipient, il en prend lentement la forme.

Questions

Pour les questions voir : <http://matse1.matse.illinois.edu/polymers/e.html>

- 1) Le -tétraborate de sodium décahydraté a pour formule $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
 - a) Ecrire l'équation de réaction avec l'eau de l'anion de ce composé ionique (produit : acide borique de formule H_3BO_3).

L'acide borique (acide boracique ou acide orthoborique) est un acide faible souvent employé comme antiseptique, insecticide, absorbeur de neutron, dans les centrales nucléaires pour contrôler le taux de fission de l'uranium, et comme précurseur d'autres composés chimiques.

Il tire son nom de l'un de ses composants, le bore, sa formule brute est la suivante : H_3BO_3 ou $\text{B}(\text{OH})_3$.

Quand il se présente sous forme de minerai, on le désigne sous le nom de sassolite. Il existe sous forme de cristaux incolores ou de poudre blanche se dissolvant dans l'eau

- b) Ecrire la formule de Lewis de l'acide borique : quelle est l'originalité de cet acide ? Légitimer la deuxième formule de l'acide borique donnée ci-dessus
 - c) Ecrire la demi-équation acido-basique de cet acide puis l'équation de la réaction de cet acide avec l'eau (voir donnée de la structure du Slime page précédente)
 - d) Ecrire la formule de Lewis de l'ion ainsi obtenu
- 2) L'alcool polyvinylique ou PVA est un polymère.
 - a) Chercher sa formule : quel est le monomère correspondant ?
 - b) Comment est-il obtenu ?
- 3) Le Slime est un polymère réticulé (*cross-linked en anglais*)
 - a) Expliquer l'adjectif « réticulé » (*cross-linked*)
 - b) Quelle est la nature de liaison entre $\text{B}(\text{HO})_4^-$ et les chaînes carbonées ?
 - c) Que peut-on en déduire sur les propriétés mécanique du polymère obtenu
- 4)

II Un film plastique à partir d'amidon

A. Matières premières

On se propose d'étudier une matière plastique obtenue à partir d'amidon.

Qu'est ce que l'amidon, et d'où provient-il ?

L'amidon est présent dans les plantes, c'est une importante substance de réserve énergétique. L'amidon est donc une matière première renouvelable. On en trouve beaucoup dans le maïs, les pommes de terre, ainsi que dans le blé et le riz.

L'amidon est un polymère. Son unité de base (monomère) est le glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Dans l'amidon, les monomères de glucose sont reliés les uns aux autres par des liaisons chimiques. Il y a donc formation de véritables chaînes de glucoses. Ces chaînes peuvent être ramifiées (non linéaires). Voir documentation en annex.

B. Synthèse

Espèce chimique	Formule brute	Masse molaire / $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	Densité	Phrases R et S
amidon	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$			
glycérol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	92,1	1,26	R 36 S 26-36
acide chlorhydrique	HCl	36,5	1,19	R 34-37 S 2-26
hydroxyde de sodium	NaOH	40,0	2,13	R 35 S 2-26- 37 / 39

Mode opératoire :

- Remplir à 1/3 environ le bécher d'eau distillée, le mettre chauffer (jusqu'à ébullition) sur la plaque chauffante. Il servira de bain marie.
- Peser (directement dans un erlenmeyer de 100 ml) 2.5 g d'amidon de maïs (ou de pomme de terres)
- Ajouter dans l'erlenmeyer 2 ml de glycérol (solution aqueuse à 50% en volume)

Le glycérol permet d'augmenter le volume libre entre deux chaînes de polymères pour en diminuer les interactions et ainsi favoriser le mouvement de l'une par rapport à l'autre. On passe donc d'un matériau rigide à un plastique.

Le film fabriqué sera ainsi plus résistant à la tension et à la flexion. De plus, l'ajout de glycérol rend le film plastique transparent,

- Ajouter quelques gouttes de colorant alimentaire (couleur au choix).
- Ajouter enfin 20 ml d'eau distillée et 3 ml d'acide chlorhydrique.

L'acide chlorhydrique sert à favoriser la déstructuration du grain d'amidon en favorisant la séparation amylose / amylopectine et le passage de l'amylose en solution

- Mélanger à l'aide de la baguette en verre.
- Mettre l'agitateur magnétique dans la solution et la faire chauffer en agitant au bain marie. Surveiller la température avec le thermomètre. Quand la température est de 100°C, continuer le chauffage et l'agitation encore pendant 15 minutes.

Le chauffage sert à déstructurer le grain d'amidon

- Ajouter de 1 à 3 ml d'hydroxyde de sodium de concentration $C = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ suivant la viscosité obtenue après le chauffage.
- Sans se brûler (**attention !**), verser le mélange sur la plaque de verre (*ou du papier sulfurisé*), bien étaler avec la baguette en verre et laisser sécher à l'étude à 90-100°C pendant 1h (ou pendant 1 semaine).
- Retirer la plaque de l'étuve lorsque les bords sont secs mais que le centre est encore gélatineux.
- Séparer le film plastique coloré de la plaque de verre avec les doigts. Laisser sécher à l'air libre sur la table.

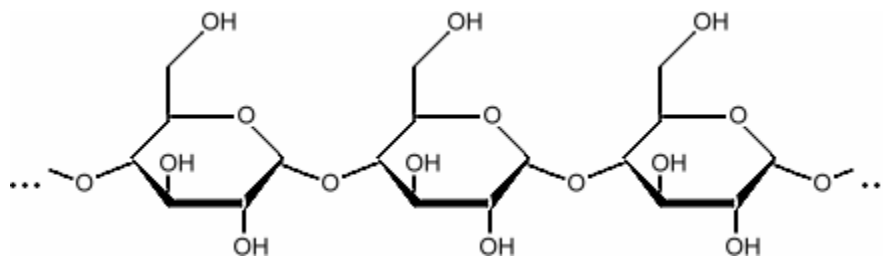
Voir video : <http://green-plastics.net/videos>

C. Quelques données sur l'amidon et l'amylopectine

L'amidon est un glucide utilisé par les végétaux pour stocker de l'énergie. On le trouve dans les organes de réserves des plantes : les graines (en particulier les céréales et les légumineuses), les racines, tubercules et rhizomes (pomme de terre, patate douce, manioc, etc.).

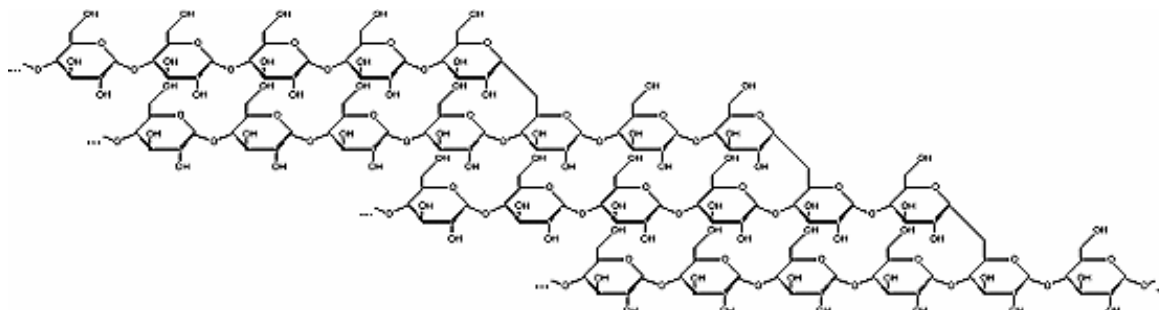
Ce glucide de masse moléculaire élevée, de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ est un polymère du glucose. De très nombreuses molécules de glucose se sont liées les unes aux autres, formant une macromolécule : 200 à 3000 selon qu'il s'agit de l'amidon de la pomme de terre, du blé, du maïs, du ris... cette molécule peut être linéaire ou ramifiée. :

L'amylose est une molécule formée d'environ 600 molécules de glucose chaînées linéairement ;



Amylose - Source : <http://sci-toys.com/ingredients/starch.html>.

L'amylopectine est une molécule plus ramifiée.



Amylopectine - Source : <http://sci-toys.com/ingredients/starch.html>

Gélfication de l'amidon :

En raison de sa grande taille, l'amidon est peu soluble dans l'eau à température ordinaire. Il peut fixer 40% de son poids en eau. Lorsque la température dépasse 55°C - 65°C, l'amidon se gonfle d'eau : cela se traduit pas une augmentation de la viscosité du milieu.

En refroidissant, les chaînes d'amidon se bloquent les une par rapport aux autres (surtout l'amylose), c'est la gélfication de l'amidon.

Questions

Sécurité dans le laboratoire :

- 1) Que signifient les consignes R et S ? Sont-elles toujours d'actualité ?
- 2) Quelles sont les consignes de sécurité en laboratoire ? (citer 3 consignes minimum)
- 3) Quelles sont les précautions à prendre pour l'utilisation de l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium ?

Réactifs

- 4) D'où peut provenir l'amidon utilisé ?
- 5) Quel est le test qui permet de mettre en évidence l'amidon ?
- 6) L'amidon est une molécule polymère :
 - a) Quel est son monomère ?
 - b) A quelle molécule correspond ce monomère ?
 - c) Cette molécule peut exister sous forme « linéaire » ou cyclique : écrire les formules semi-développées des deux formes
 - d) Détailler les groupes fonctionnels sur la forme linéaire
 - e) Quelles sont les fonctions concernées par la cyclisation ?

La réaction de cyclisation est une réaction d'acétalisation (Hors Programme !)

- f) La molécule linéaire est-elle chirale ? Expliquer
 - g) Si elle est chirale : combien y a-t-il de couples d'énantiomères possible ? de diastéréoisomères ?
- 7) L'amidon s'hydrolyse en catalyse acide pour donner la molécule de la question 6)b)
Dans l'organisme, quelle est l'espèce qui assure cette catalyse ?
 - 8) Le glycérol est triol
 - a) Donner sa formule semi-développée
 - b) Quel est son nom normalisé ?
 - c) Le glycérol est-il un composé chiral ?
 - d) De façon naturelle, comment obtient-on du glycérol ?
 - e) La synthèse totale du glycérol est due à [Charles Friedel](#) et Silva à partir du propène : qui est Charles Friedel ? A-t-il un rapport avec l'Ecole alsacienne ? (*faire attention en passant dans la cour du « pont des soupirs » à l'Ecole !*)

Protocole opératoire :

- 9) Quel est l'aspect de l'amidon en début de synthèse ?
- 10) Quel est le rôle de la glycérine ?
- 11) Quelle est la quantité de matière de glycérol mise en jeu ? d'acide chlorhydrique mise en jeu ?
- 12) Quel est l'aspect du mélange après l'étape 3 ? l'étape 6 ?
- 13) Que se passe-t-il après quelques minutes de chauffage ? (un mélange homogène très visqueux qui va peu à peu se re-liquéfier légèrement). Proposer une explication à ces observations, vous pourrez vous aider de schémas.
- 14) Quel est l'aspect du mélange après de l'addition de la solution d'hydroxyde de sodium ? A votre avis, à quoi a servi cet ajout ?
- 15) Observe-t-on un changement de couleur du milieu réactionnel et si oui, à quel(s) moment(s) ?

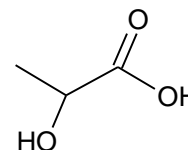
III Le polylactate (acide polylactique PLA)

A. Matières premières

Le polylactate ou acide polylactique (PLA), est un polymère biodégradable fabriqué à partir de ressources renouvelables. Il est issu de la polymérisation de l'acide lactique

Le lait contient un glucide, le lactose qui peut se transformer, par fermentation (réaction d'oxydation), en acide lactique de formule semi-développée ci-contre.

Les molécules d'acide lactique sont capables, dans certaines conditions, de réagir entre elles pour former un polymère, nommé polylactate ou acide polylactique (PLA).



B. Synthèse

Pour réaliser cette synthèse au laboratoire, il est nécessaire :

- de travailler à température élevée ;
- de déclencher la réaction de polymérisation : on utilise alors un catalyseur, ici l'acide sulfurique concentré.

Mode opératoire :

- Introduire environ 10 mL d'acide lactique pur dans un erlenmeyer.
- Enfin, ajouter délicatement quelques gouttes d'acide sulfurique à l'aide de gants et lunettes de protection.
- Placer l'erlenmeyer sur une plaque chauffante et porter progressivement la température vers 100 - 110°C (ne pas dépasser cette valeur). Contrôler avec un thermomètre.
- Surveiller attentivement en agitant de temps en temps.
- A la fin des 30 minutes, transvaser le liquide dans un pot en verre jetable. Laver rapidement le bécher. Laisser refroidir le mélange à l'air libre, et observer.

Le mélange se solidifie et reste transparent : on a fabriqué le polymère.

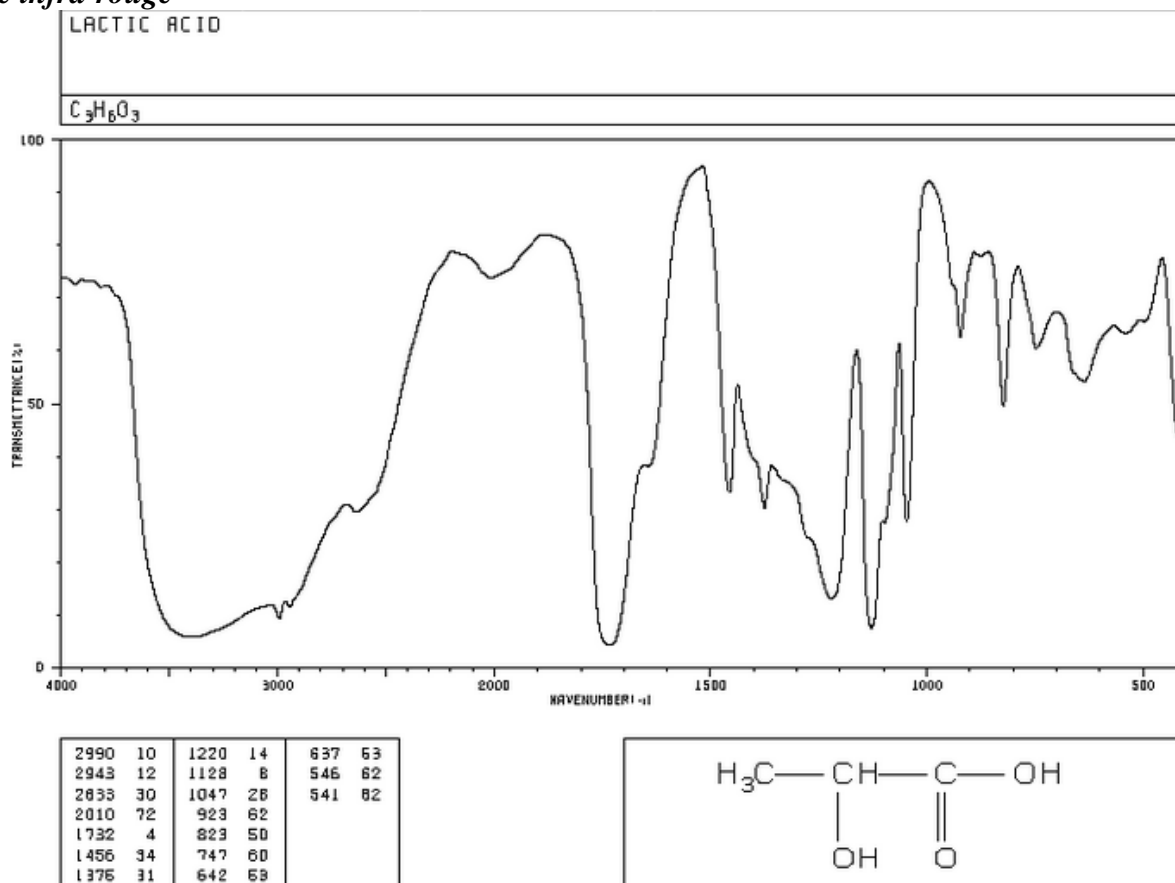
C. Propriétés

A voir : <http://www.totalrefiningchemicals.com/FR/quisommesnous/comprendre-petrochimie/Pages/Futero-Lactide-and-PLA.aspx>

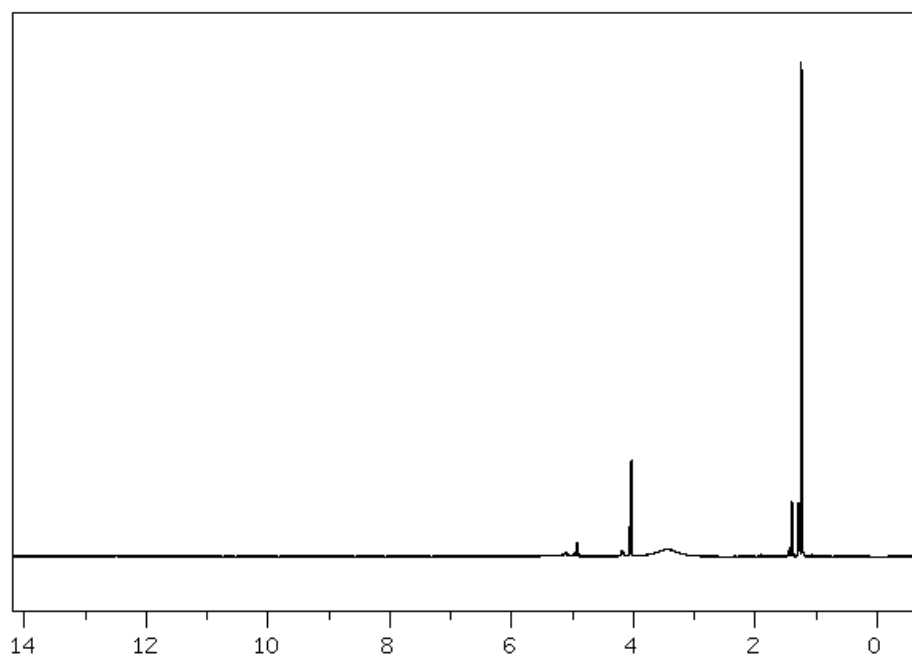
Questions

- 1) Quel est le nom normalisé de l'acide lactique ?
- 2) L'acide lactique peut exister sous deux formes énantiomères :
 - a) Quelle est la propriété de l'acide lactique qui explique cette énantiométrie ?
 - b) Dessiner les formules de CRAM des deux formes énantiomères
 - c) Donner les noms normalisés de ces deux formes en détaillant le raisonnement.
- 3) Quelles sont les deux fonctions présentes dans la molécule d'acide lactique ?
- 4) Quel est le nom de la réaction entre ces deux groupes fonctionnels ?
- 5) Ecrire l'équation de la réaction entre deux molécules d'acide lactique, puis celle entre n molécules d'acide lactique. Faire apparaître le motif du polymère.
- 6) Est-ce une réaction de polyaddition ou de polycondensation ?
- 7) Quel groupe fonctionnel obtient-on dans le polylactate ?
- 8) L'acide lactique utilisé en industrie n'est pas issu du lait. Proposer une explication.
- 9) D'où est issu l'acide lactique utilisé dans l'industrie ?
- 10) Le polylactate est utilisé notamment pour la fabrication de sachets plastiques biodégradables. Rechercher d'autres applications de ce polymère.
- 11) Quels sont les avantages d'un polymère tel que le PLA en terme de développement durable ?
- 12) Quelles peuvent être les limites au développement de tels matériaux ?

Spectre infra-rouge



Spectre RMN_H



Questions

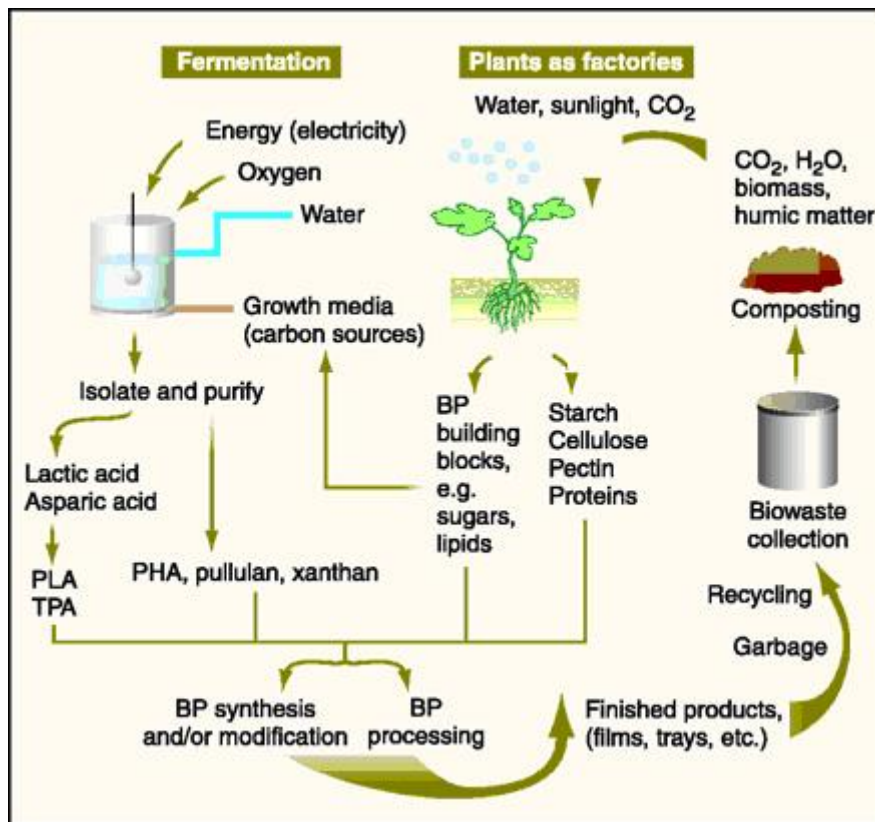
- 13) Interpréter le spectre IR (bandes \leftrightarrow groupes fonctionnels) de l'acide lactique
- 14) Interpréter le spectre RMN (position des pics, hauteur, multiplicité) de l'acide lactique

IV Le cycle d'un plastique biodégradable, son utilisation

Voir site : <http://www.psm-hk.com/Fr/material.htm#WHAT%20IS%20PSM>

« Plastarch Material » ou « PSM ».

The table below illustrates the cyclic process that yields biodegradable plastics from agricultural products and fermentative routes.



Pour les utilisations possible, voir :

http://www.psm-hk.com/Fr/material_02.htm#PRODUCT%20LINE

Des polymères particuliers...

Superabsorbant : <http://www.m2polymer.com/>