

## Comment synthétiser un film plastique à partir d'amidon de maïs?

**Objectif :** Synthétiser un bioplastique biodégradable à base d'amidon de maïs

### Qu'est-ce que le développement durable ?

Le développement durable consiste à satisfaire les besoins actuels tout en préservant les ressources pour les générations futures. Pour y parvenir, trois conditions écologiques essentielles doivent être respectées :

- **Ressources renouvelables** : ne pas consommer plus vite qu'elles ne se régénèrent.
- **Ressources non-renouvelables** : limiter leur épuisement au rythme de création d'alternatives durables.
- **Pollution** : produire uniquement ce que l'environnement est capable d'absorber naturellement.

### Le développement durable: une idée nouvelle ?

« Nous n'héritons pas de la Terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants »

Antoine de Saint-Exupéry (1900-1944)

### Le défi du développement durable.

Le développement durable de notre société technologique repose largement sur la chimie propre (ou **CHIMIE VERTE**). Ce concept vise à minimiser l'impact environnemental des procédés chimiques dès leur conception. Cette approche s'articule autour de trois axes stratégiques :

- **Transition énergétique** : innover dans les technologies permettant de capter, stocker et utiliser des **énergies renouvelables**.
- **Valorisation de la biomasse** : substituer les dérivés pétrosourcés par des ressources renouvelables pour créer de nouveaux matériaux et produits.
- **Éco-conception et prévention** : développer des voies de synthèse à haute économie d'atomes et utiliser des solvants bénins pour éliminer la pollution à la source.

### Présentation

Nous allons réaliser la synthèse d'un matériau biodégradable, un film à base d'amidon et de glycérol, qui permettrait le remplacement définitif des sacs d'emballage plastique qui ne sont pas recyclés et sont donc une source non-négligeable de pollution. De plus, ils provoquent la mort de nombreux animaux marins, dont certaines espèces sont en voie d'extinction.

### La consommation de films plastiques

Les films conventionnels, en polyènes, constituent 2 % des déchets domestiques. En 1989, par exemple, les Français avaient consommé 75 000 tonnes de plastiques sous forme d'emballage. Ces films deviennent des polluants s'ils ne sont pas recyclés ou incinérés. Dans ce contexte, le développement des films biodégradables contribue de façon importante à la protection de l'environnement.

### La synthèse de films biodégradables

L'amidon, ressource renouvelable, permet de concevoir des films biodégradables dont la structure moléculaire favorise la décomposition enzymatique. Des avancées industrielles (Ferruzzi-Montedison, Barbier, Okozuna) ont abouti à des matériaux métabolisables par les micro-organismes, allant de sacs hybrides à des films de paillage compostables.

Toutefois, des obstacles techniques demeurent : la faible résistance à l'eau de ces polymères et la persistance de résidus microscopiques dans les sols, plus difficiles à collecter que les déchets macroscopiques.

Nous proposons la synthèse d'un film biodégradable à base d'amidon de pomme de terre et de glycérol. Le glycérol est une molécule possédant trois groupements  $\text{HOH}_2\text{C}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ . Elle peut se fixer au film d'amylose et renforcer sa solidité mécanique. Un film constitué ainsi est totalement biodégradable et non-toxique (un colorant alimentaire peut y être ajouté).

# LES 12 PRINCIPES DE LA CHIMIE VERTE

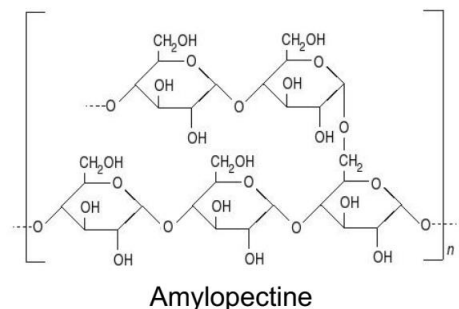
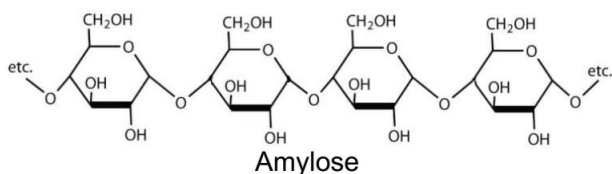


|   |   |   |                                |   |  |    |  |    |  |    |  |
|---|---|---|--------------------------------|---|--|----|--|----|--|----|--|
| 1 | Prévenir la pollution à la source             | 2 | Economiser la matière première | 3 | Concevoir des méthodes de synthèse moins dangereuses | 4  | Concevoir des produits plus sûrs   | 5  | Limiter l'emploi de solvants organiques              | 6  | Améliorer l'efficacité énergétique       |
| 7 | Utiliser des matières premières renouvelables | 8 | Limiter les produits dérivés   | 9 | Utiliser la catalyse                                 | 10 | Concevoir des substances à dégradation finale dans des conditions naturelles | 11 | Mettre au point des méthodes d'analyse en temps réel | 12 | Développer une chimie toujours plus sûre |

## L'amidon

L'amidon (du latin *amylum*, fleur de farine) est un glucide de réserve utilisé par les végétaux supérieurs pour stocker de l'énergie. Il se présente sous forme de grains visibles au microscope. 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.). Sur le plan industriel c'est surtout le maïs et la pomme de terre qui sont utilisés. L'amidon a pour formule chimique  $(C_6H_{10}O_5)_n$  et est composé de deux fractions polysaccharidiques :

- l'amylose, molécule formée d'environ 600 molécules de glucose chaînées linéairement ;
- l'amylopectine, molécule plus ramifiée.



- Q1.** Entourer un motif élémentaire de l'amylose.
- Q2.** Écrire sa formule semi-développée complète.
- Q3.** En déduire sa formule brute.

Le glycérol est une molécule possédant trois groupements OH. Sa formule brute est  $C_3H_8O_3$ .

- Q4.** Ecrire sa formule développée complète.  
Nommer là selon la nomenclature officielle.  
Précisez le type de fonction présente dans cette molécule.

## Consignes de sécurité

- **Lunettes et gants obligatoires** pendant la manipulation.

### **Hydroxyde de sodium (NaOH)**



**Risque** : provoque de graves brûlures.

**Sécurité** : en cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste.  
La solution utilisée ici est diluée à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  (risque réduit).

### **Acide chlorhydrique (HCl)**



**Risques** : Provoque des brûlures.

Irritant pour les voies respiratoires.

**Sécurité**: en cas de contact avec la peau, laver abondamment à l'eau ; en cas de contact avec les yeux, rincer abondamment à l'eau en maintenant les paupières écartées (au moins 10 minutes). Consulter un ophtalmologiste.

La solution utilisée ici est diluée à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  (risque réduit).

### **Glycérol**



**Risques** : Aucun danger.

**Sécurité**: En cas de contact oculaire, rincer immédiatement à l'eau.  
En cas de contact cutané, rincer à l'eau et au savon.

- **Toujours verser l'acide dans l'eau** et non le contraire pour éviter les projections.
- Utilisation de **maniques pour saisir le bécher** chaud et pour la mise dans l'étuve.
- **Rester bien calme.**

## Réactifs :

- amidon de maïs
- Eau distillée
- glycérol (solution 50% vol dans de l'eau distillée)
- colorant alimentaire liquide (quelques gouttes)
- solution d'acide chlorhydrique à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
- solution d'hydroxyde de sodium à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

## Matériel :

- 1 agitateur magnétique chauffant, un barreau aimanté
- 2 bécher de 100 mL
- 1 balance
- Une étuve (90-100°C)
- éprouvette graduée 10 mL
- éprouvette graduée 50 mL
- éprouvettes graduées pour NaOH (3 mL) pour HCl (3 mL)
- 1 baguette en verre
- Gants et lunettes de protection, maniques
- thermomètre fixé sur support
- un ballon à fond rond de 250 mL et son valet

## **Manipulation :**

1. Introduire dans un ballon de 250 mL contenant un barreau magnétique :

- 2,5 g d'amidon de pomme de terre
- 2 mL de glycérol à 50 % en volume

**Note :** Le glycérol va servir de plastifiant. Il n'interagit pas chimiquement avec la matrice dans laquelle il est dispersé. Il permet simplement 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. La présence de ce plastifiant permet de diminuer le chauffage car le plastifiant a déjà introduit du volume libre entre les chaînes. 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, ce qui est bien pratique au niveau d'applications, notamment dans le domaine de l'emballage.

- 2 à 3 gouttes de colorant
- 3 mL d'acide chlorhydrique à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
- et 25 mL d'eau distillée.

**Note :** HCl sert à favoriser la déstructuration du grain d'amidon par un phénomène d'hydrolyse ménagée. On favorise alors la séparation amylose/amylopectine et le passage de l'amylose en solution. Un amidon déstructuré est tout simplement un amidon qui ne se trouve plus sous sa forme originelle de grains: les polymères le constituant (amylose et amylopectine) sont dispersés. Chimiquement, il n'y a aucune différence (les chaînes de glucose sont juste un peu plus courtes à cause de l'acide).

2. Régler le chauffe-ballon à la température de  $150^{\circ}\text{C}$ , en utilisant une sonde de température.

3. Mettre en place le ballon, mettre le barreau aimanté dans la solution et chauffer pendant 15 minutes, de façon à ce que la solution ne soit pas à ébullition.

Si l'agitation se fait mal, utiliser une baguette en verre.

A la moitié du temps, ajouter 1 mL de la solution d'hydroxyde de sodium à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

4. Neutraliser avec 2 mL de solution d'hydroxyde de sodium à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  restant pour diminuer la viscosité du mélange.

5. La solution visqueuse et colorée obtenue est alors verser sur du papier sulfurisé. Celle-ci doit être étalée, mais pas trop... . Laisser sécher 5 minutes à l'air libre.

Placer à l'étuve, à  $90^{\circ}\text{C}$  pendant environ 1 heure (50 min).

6. Finir le séchage au sèche-cheveux (il devra être placé à une dizaine de cm du film), puis décoller le film délicatement afin de le retourner pour le sécher complètement.

**Q5.** A quelle réaction chimique correspond la neutralisation ?

Ecrire son équation.

7. Noter l'aspect du film lors du dépôt sur le papier sulfurisé ? Et après séchage ?

8. Peser le film avant et après séchage.

**Q6.** Quel est le rôle du passage à l'étuve ?

## Qu'est-ce que la biodégradation ?

**Polymère** : Substance formée par la répétition d'un grand nombre de molécules de faible masse moléculaire (monomères). La liaison des monomères se fait lors de la réaction de polymérisation.

**Plastique** : polymères issus de la transformation de substances naturelles ou de ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon). Elles se distinguent par une grande diversité de propriétés physico-chimiques et par leur capacité à être moulées sous l'action de la chaleur, de façon permanente ou réversible.

**Bioplastique** : biopolymère\* plastique fabriqué à partir de matières premières naturelles et renouvelables.  
Exemple : bioplastique à base d'amidon (unité de base = monomère = glucose).

**Biodégradation** : dégradation en composés de faible poids moléculaire ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) par la combinaison de stimuli biologiques (action de microorganismes tels que les bactéries, champignons, algues) et chimiques/physique (lumière/eau/oxygène/chaleur) dans l'environnement, sans laisser de résidus persistants et toxiques. La température et l'humidité sont des paramètres très importants dans le processus de biodégradation. La biodégradation se compose de deux phases. La phase 1 consiste en une fragmentation (détérioration physico-chimique ou biologique) en de nombreuses entités beaucoup plus petites. Durant la deuxième phase, ces petits fragments sont bio-assimilés par les microorganismes.

**Compostage** : processus où les matières organiques, comme les déchets domestiques et les résidus végétaux, sont décomposés par l'action de microorganismes en une matière nutritive pour le sol appelée humus. Les substances nutritives contenues dans le compost peuvent alors être réutilisées par les plantes. Dans un bon compost, l'équilibre entre les déchets, l'air, l'eau et la température doit être adéquat. La température qui règne dans un compost est élevée, à cause de l'activité des microorganismes ; elle peut atteindre  $66^\circ\text{C}$ . Le processus de compostage permet de réduire significativement la quantité de déchets envoyés à la décharge.

## Questions :

- Q7. Quelle est la différence entre une **matière plastique** et un **bioplastique** ?
- Q8. Quels sont les **avantages** des bioplastiques ?
- Q9. Quels sont les **problèmes** que vont engendrer l'utilisation de bioplastiques ?