

<http://culturesciences.chimie.ens.fr/mat%C3%A9riaux-polym%C3%A8res-1-architecture-macromol%C3%A9culaire>

[http://www.cndp.fr/portails-disciplinaires/fileadmin/user\\_upload/Physique-chimie/Ressources\\_RNSTL/Polymeres.pdf](http://www.cndp.fr/portails-disciplinaires/fileadmin/user_upload/Physique-chimie/Ressources_RNSTL/Polymeres.pdf)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=EN>

(Commission européenne) Déchets plastiques, recyclage, bioplastiques

Bioplastiques : <http://natureplast.eu/marche-des-bioplastiques-20172022/>

[https://edd.ac-versailles.fr/IMG/pdf/Colloque\\_edd\\_intervention\\_m\\_duranel.pdf](https://edd.ac-versailles.fr/IMG/pdf/Colloque_edd_intervention_m_duranel.pdf)

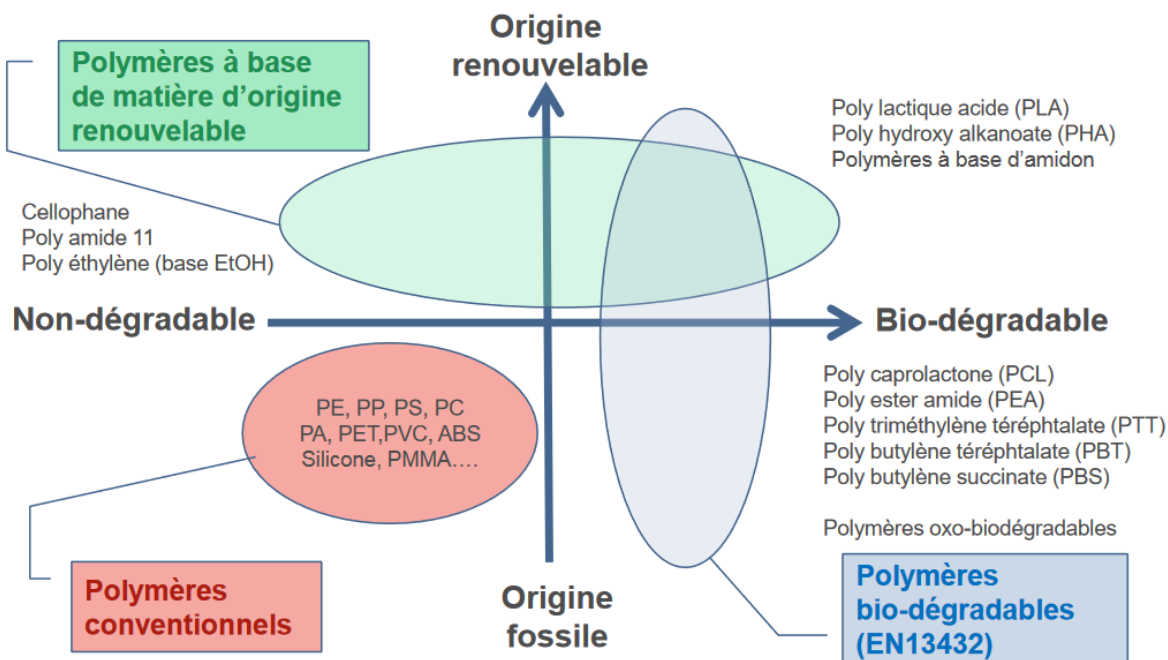
Vidéos :

<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/polymeres-reaction-de-polycondensation-pour-la-synthese-du-nylon-106-830>

<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/les-acides-amin%C3%A9s-et-la-synth%C3%A8se-peptidique>

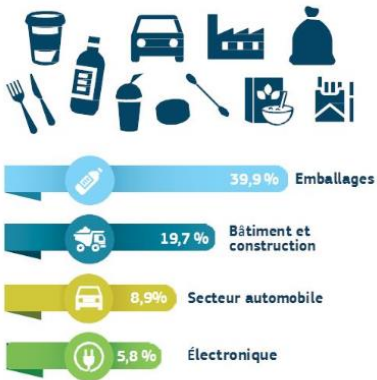
<https://www.libmanuels.fr/demo/9782206103983/200/> (editeur : Delagrave)

## Plastiques, bio-plastiques, bio-dégradables, oxo-bio...



*Au cours des cinquante dernières années, le rôle et l'importance des matières plastiques dans notre économie n'ont cessé de croître. La production mondiale de matières plastiques a été multipliée par vingt depuis les années 60; en 2015, elle s'élevait à 322 millions de tonnes et elle devrait encore doubler au cours des vingt prochaines années.*

## 49 millions de tonnes



EU-28, Norvège et Suisse - Source: Plastics Europe (2016)

### I – La polymérisation :

#### 1 – Définitions

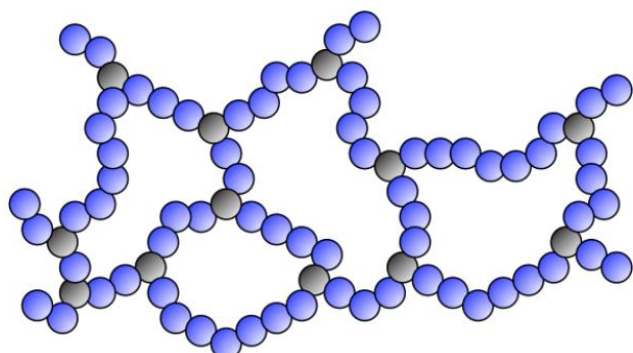
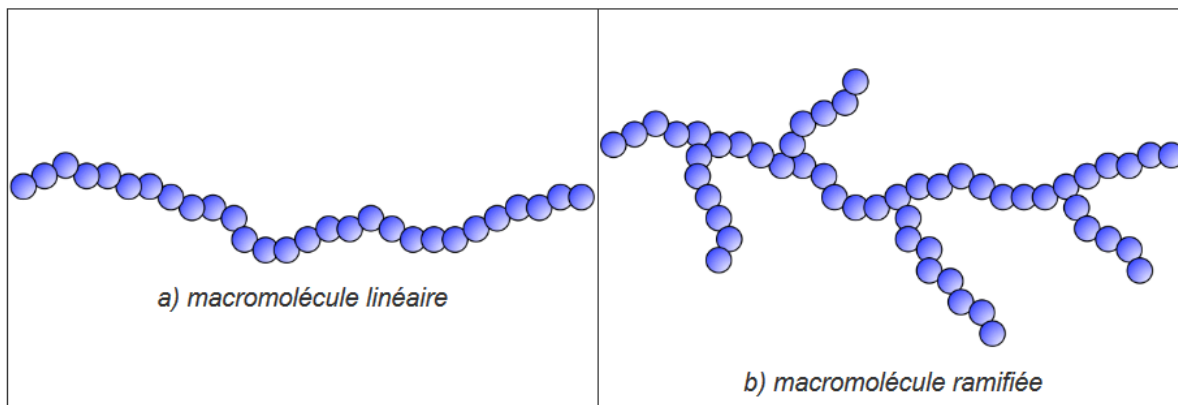
#### 2 – Exemple de polycondensation : synthèse du nylon6-6

#### 3 – Exemple de polyaddition : synthèse du polystyrène

### II – Du micro au macro : propriétés des polymères

#### 1 – Liaisons intermoléculaires et propriétés thermiques

#### 2 – Structure et propriétés mécaniques



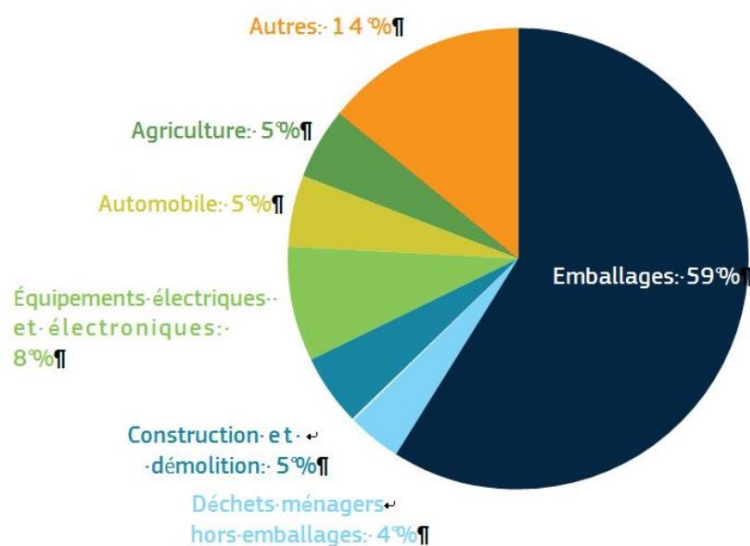
**Figure 3.** Polymères réticulés de façon covalente. La densité de réticulation (définie par le nombre de points de réticulation, représentés ici en noir) peut être plus ou moins importante.

Conclusion :

*Dans l'Union, le potentiel de recyclage des déchets plastiques reste largement inexploité. Le taux de recyclage et de réutilisation des plastiques en fin de vie est très faible, notamment en comparaison d'autres matières comme le papier, le verre ou les métaux.*

*Environ 25,8 millions de tonnes de déchets plastiques sont produits en Europe chaque année. Moins de 30 % de ces déchets sont récupérés pour être recyclés. Sur ce volume, une part non négligeable quitte l'Union européenne pour être traitée dans des pays tiers, où les normes environnementales peuvent être différentes.*

## PRODUCTION DE DÉCHETS PLASTIQUES DANS L'UE EN 2015



Source : Eunomia (2017)

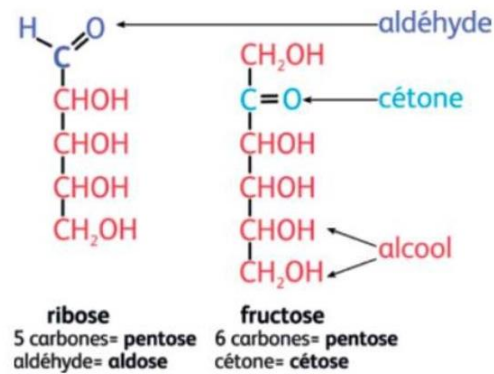
Pollution . 6<sup>ème</sup> continent

**500 000 TONNES DE PLASTIQUE  
DANS LES OCÉANS**



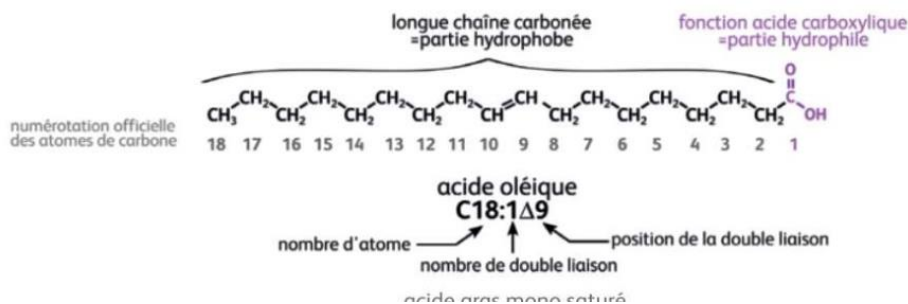
## Caractéristiques des glucides

- Tous les glucides sont constitués d'au moins un **ose**.  
Les oses sont des **polyalcools** (groupe C-OH) pourvus d'une fonction **aldéhyde** ou d'une fonction **cétone** (groupe C=O).
- Les oses peuvent être classés :
  - selon leur nombre de carbones (ex : 5C → **pentose**, 6C → **hexose**)
  - selon leur fonction caractéristique (ex. : aldéhyde → **aldose**, cétone → **cétose**).
- Formule générale d'un ose :  $C_nH_{2n}O_n$



## Caractéristiques des lipides

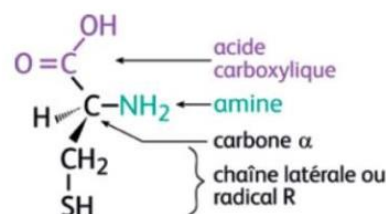
- Tous les lipides sont des molécules organiques comportant au moins une **partie hydrophobe**, constituée d'une -ou plusieurs, longue chaîne carbonée, linéaire ou cyclique. Cette chaîne est qualifiée d'**insaturée** si elle comporte au moins une double liaison.
- Si la molécule comporte, en plus de sa partie hydrophobe, une partie hydrophile, elle est qualifiée d'**amphiphile**.
- Les **acides gras** sont des lipides amphiphiles entrant dans la composition de nombreux autres lipides. L'**écriture en nomenclature officielle** permet de pouvoir identifier un acide gras.



## Caractéristiques des protides

- Tous les protides sont constitués d'au moins un **acide α aminé**.
- Les acides α aminés portent sur un même carbone, le carbone α, une fonction **amine** (groupe C-NH<sub>2</sub>), une fonction **acide carboxylique** (groupe COOH) et une **chaîne latérale** aussi appelée « radical ». (voir « liste des acides aminés » page 276).
- Le **radical R**, en fonction de sa composition, confère à chaque acide aminé des **propriétés particulières**.

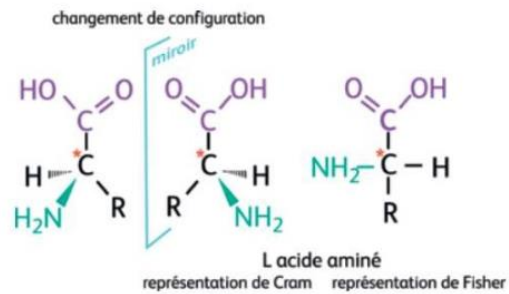
cystéine = acide α aminé soufré



	sérine	cystéine	acide glutamique	lysine	valine
radical	-CH <sub>2</sub> -OH	-CH <sub>2</sub> -SH	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -NH <sub>2</sub>	-CH <sub>2</sub> -(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
caractère hydrophile de la chaîne latérale	++	+	+	+/-	--

## Oses et acides aminés : des molécules asymétriques

- Un **carbone asymétrique** est un carbone dont les quatre substituants sont différents. Chaque atome de carbone asymétrique confère à la molécule deux **configurations différentes**.
- Les biochimistes utilisent souvent la **projection de Fisher** pour représenter les acides aminés et les oses.
- Les acides aminés naturels appartiennent majoritairement à la **série L** : le groupement amine  $\text{NH}_2$  est situé à gauche dans la représentation de Fisher.
- Pour les oses naturels, appartenant à la **série D**, le groupement OH porté par le dernier carbone asymétrique est situé à droite dans la représentation de Fisher.



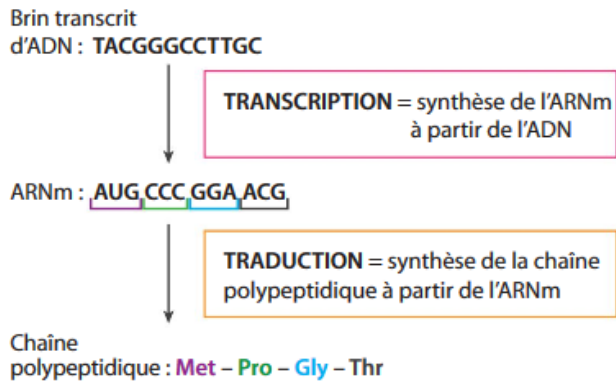
### Les conventions de Fisher

- Les liaisons chimiques sont représentées comme des lignes horizontales ou verticales
- La chaîne carbonée la plus longue se situe sur plan vertical
- Le carbone le plus oxydé est placé dans la moitié supérieure
- La molécule est positionnée chaîne carbonée vers l'arrière puis projetée sur un plan perpendiculaire à la chaîne carbonée



## Synthèse des chaînes polypeptidiques

- La séquence nucléotidique orientée (5'→3') de l'ADN constitue l'information génétique permettant de synthétiser des chaînes polypeptidiques. Cette synthèse se fait en deux étapes :
  - la **transcription** a lieu dans le noyau grâce à l'ARN polymérase qui utilise le brin transcrit d'ADN comme matrice pour synthétiser l'ARN messager ;
  - la **traduction** a lieu dans le cytoplasme grâce aux ribosomes qui déchiffrent les codons de l'ARN messager pour former la chaîne polypeptidique en associant des acides aminés.



### Méthode :

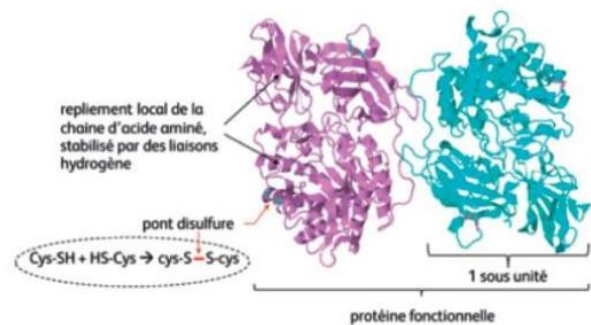
L'ARNm est complémentaire au brin transcrit d'ADN donc :

ADN		ARNm
C	→	G
G	→	C
T	→	A
A	→	U

On identifie les codons (= triplets de nucléotides) et on cherche l'acide aminé correspondant dans le code génétique.

## Structure tridimensionnelle des protéines

- La **séquence d'acides aminés** constitue le premier niveau de structure de la protéine. Cette chaîne va acquérir une **structure tridimensionnelle** aboutissant à une **protéine fonctionnelle** en se repliant sur elle-même voire en s'associant avec d'autres **sous-unités**.
- La structure tridimensionnelle est stabilisée par des **interactions faibles intramoléculaires** de différentes natures : **liaison hydrogène**, **liaison ionique**, **interactions hydrophobes**. La formation de **ponts disulfures** entre deux cystéines peut également contribuer à la formation de la structure tridimensionnelle.
- Une **modification du pH** ou de la **température** du milieu peuvent affecter les interactions faibles. La protéine subit alors une **dénaturation** : sa structure tridimensionnelle est modifiée et donc sa fonction est modifiée voire perdue.

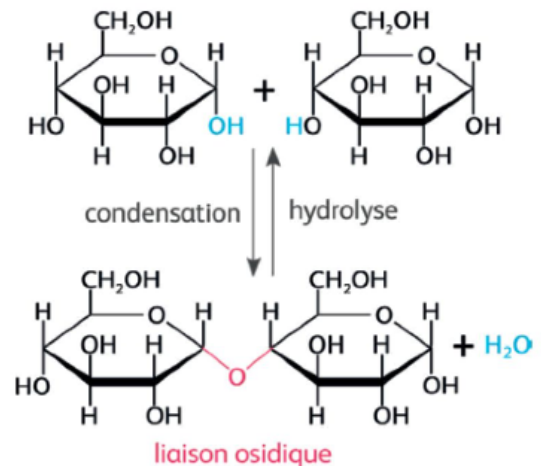


Représentation 3D de la structure tridimensionnelle de la  $\beta$ -galactosidase humaine

Les trois catégories de biomolécules acides nucléiques, glucides et protides partagent la particularité de contenir des **polymères**, c'est-à-dire des molécules formées à partir d'entités partageant des caractéristiques communes appelées **monomères**. La diversité des monomères utilisables ou/ des liaisons reliant ces monomères confèrent aux molécules de la famille des glucides et des protides une grande diversité de **structures et de fonctions**.

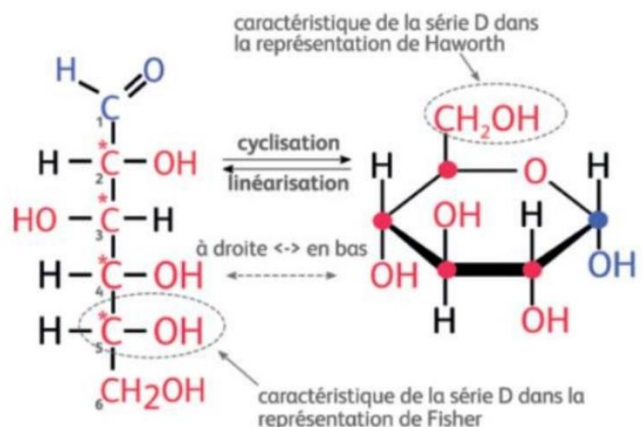
### Polymérisation des oses : formation de liaisons osidiques

- Deux oses se lient entre eux grâce à la **liaison osidique**. Cette liaison se forme entre une fonction **aldéhyde** ou **cétone** – ou hémiacétal pour les oses cycliques, et une fonction **alcool** ou une autre fonction hémiacétal. L'hydrolyse de cette liaison libère les deux oses d'origine.
- L'association d'au moins deux oses donne naissance à un **oside**, appelé aussi glucide complexe. Les osides formés par polymérisation d'oses exclusivement sont appelés **holosides**. Les hétérosides sont des polymères d'oses et de molécule(s) non glucidique.



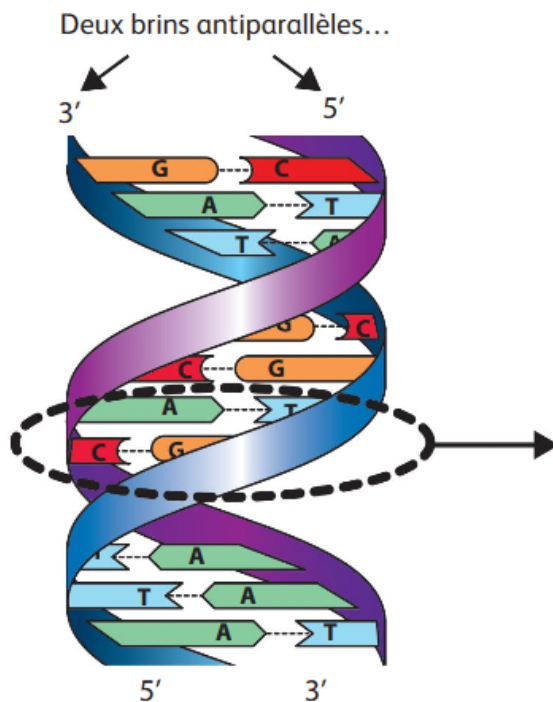
### Cyclisation des oses

- Le **groupement carbonyle** de la fonction aldéhyde ou cétone peut réagir avec un **groupement hydroxyle** d'une fonction alcool. Cette réaction intramoléculaire conduit à la cyclisation des oses.
- Les biochimistes utilisent la représentation de Haworth pour représenter les oses cycliques.

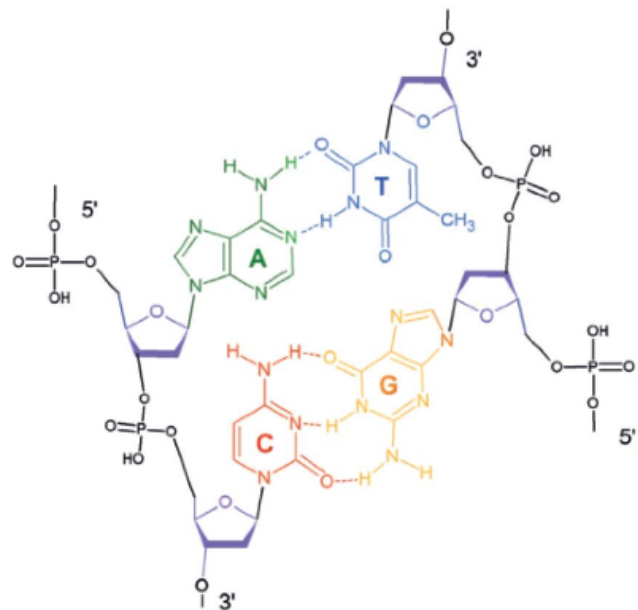


## La double-hélice d'ADN

- L'ADN est formé de deux brins d'ADN qui s'enroulent en **double-hélice**. Les deux brins sont reliés par des **liaisons hydrogène intercaténaires** (entre deux chaînes). Celles-ci s'établissent entre bases azotées **complémentaires** : A=T et G≡C.
- *In vitro*, il est possible de séparer les deux brins d'une molécule d'ADN grâce à un traitement par la chaleur. Ils pourront alors s'associer à un ADN simple brin étranger (souvent appelé **sonde**) s'il y a complémentarité des séquences. C'est ce qu'on appelle l'**hybridation moléculaire**.



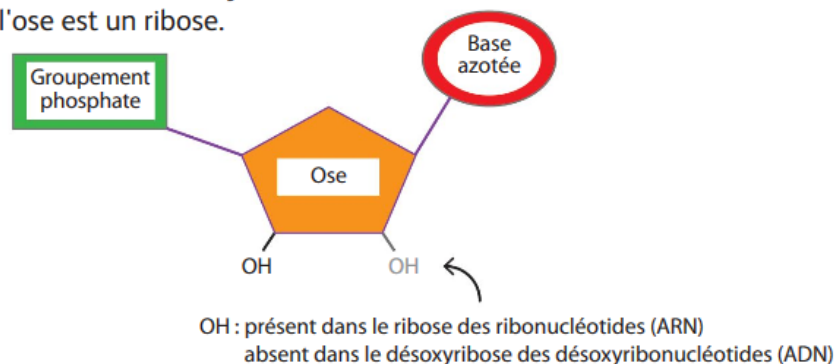
...complémentaires grâce aux interactions hydrogène entre les bases azotées



Les acides nucléiques sont des polymères de nucléotides. Ils regroupent les acides désoxyribonucléiques (ADN) et les acides ribonucléiques (ARN). Ceux-ci permettent la transmission de l'information génétique d'une génération à l'autre.

### Les nucléotides

- Les désoxyribonucléotides formant l'ADN sont constitués d'une base azotée, d'un groupement phosphate et d'un ose : le désoxyribose. Les ribonucléotides formant l'ARN ont la même structure, sauf que l'ose est un ribose.

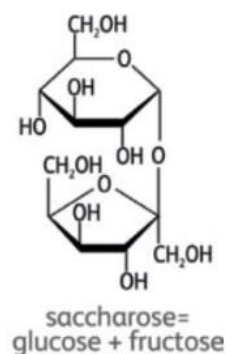
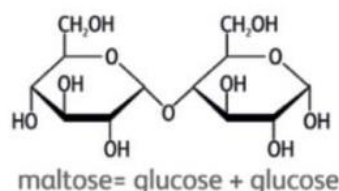
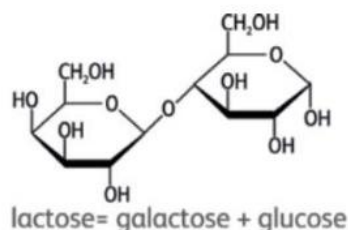




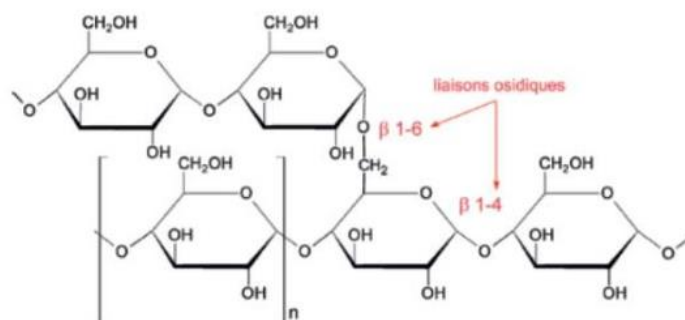


## Exemples d'osides

- Les diholosides sont des **dimères** d'oses.



- Les polyholosides sont des **polymères** constitués de plus de 10 monomères. L'amidon et le glycogène sont tous les deux des polyholosides de réserves composés de longues chaînes de glucose dites ramifiées car certains glucoses participent à deux liaisons osidiques.

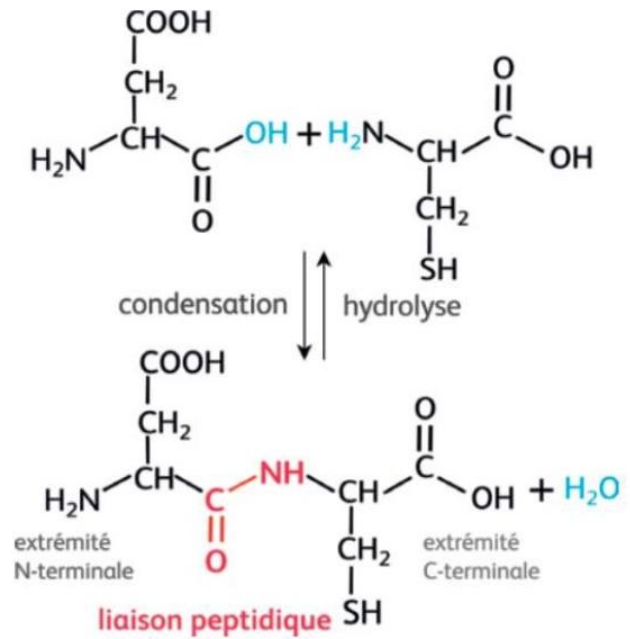


## Comparaison ADN / ARN

	ADN = Acide désoxyribonucléique	ARN = Acide ribonucléique
<b>Monomère (unité de base)</b>	Désoxyribonucléotide	Ribonucléotide
<b>Sucre</b>	Désoxyribose	Ribose
<b>Bases azotées et leurs liaisons</b>	Adénine A = T Thymine Guanine G $\equiv$ C Cytosine	Adénine A = U Uracile Guanine G $\equiv$ C Cytosine
<b>Structure</b>	Bicaténaire (deux brins)	Monocaténaire (un seul brin)
<b>Longueur</b>	Des millions de nucléotides	De quelques nucléotides à quelques milliers
<b>Structure tridimensionnelle</b>	Double-hélice	Souvent linéaire (parfois repliements sur de courtes portions complémentaires grâce aux liaisons hydrogène intracaténares)

## Polymérisation des acides $\alpha$ -aminés : formation de liaisons peptidiques

- Deux acides  $\alpha$ -aminés se lient entre eux grâce à la **liaison peptidique**. Cette liaison se forme entre la fonction carboxyle du premier acide aminé et la fonction amine du suivant. La liaison peptidique correspond à une fonction **amide**. L'**hydrolyse** de cette liaison libère les deux acides aminés d'origine.
- Le **dimère** formé est appelé **dipeptide**. Il est **orienté** : il présente une **extrémité N-terminale** et une extrémité **C-terminale**. Si plus d'une centaine de liaisons est formée, le **polymère d'acides aminés** est appelé **protéine**.



## Matière et matériaux

### • Propriétés des matériaux et organisation de la matière

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Famille de matériaux : matériaux métalliques, organiques, minéraux, composites.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des métaux et alliages usuels et quelques exemples de matériaux organiques, minéraux et composites.</li> <li>- <i>Conduire des tests permettant de distinguer et d'identifier des matériaux à partir de banques de données (densités, aspects, combustions, corrosions, etc.).</i></li> </ul>
Propriétés des matériaux : électriques, thermiques, mécaniques, optiques, magnétiques et chimiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choisir, à partir d'un cahier des charges, des matériaux en fonction de propriétés physiques attendues : électriques, thermiques, mécaniques, optiques et magnétiques.</li> <li>- <i>Déterminer ou mesurer quelques caractéristiques physiques de matériaux (résistivité électrique, résistance thermique surfacique, indice de réfraction, etc.).</i></li> </ul>
Cycle de vie d'un matériau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rechercher, extraire et exploiter des informations relatives à la production industrielle, l'utilisation et le recyclage de quelques matériaux usuels.</li> </ul>

Schéma de Lewis de molécules et d'ions polyatomiques usuels.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir les schémas de Lewis de l'eau, du dioxygène, du dioxyde de carbone et du chlorure d'hydrogène.</li> <li>- Reconnaître une molécule et une macromolécule organique. Passer des formules développées aux formules semi-développées et aux formules brutes.</li> </ul>
Molécules et macromolécules organiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconnaître les groupes caractéristiques des fonctions alcool et acide carboxylique.</li> </ul>







## Modules transversaux

### A – Relations structures et propriétés des biomolécules

**Objectif de formation** : étudier les liens entre la structure et les propriétés physico-chimiques des biomolécules ainsi que la nature des interactions intermoléculaires à l'origine de phénomènes biologiques dynamiques.

**Notions déjà abordées** : molécule organique, molécule minérale, atome, ion (2GT).

Pour l'élève, objectifs en fin de formation			Pour le professeur, en cours d'année
item	SAVOIR-FAIRE	CONCEPTS	ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES
1	Identifier les principales fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, amine, amide, ester) associées aux groupes caractéristiques dans une molécule.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonction chimique.</li> <li>- Groupe caractéristique.</li> </ul>	Activités de tri et de repérage des groupes caractéristiques dans des molécules organiques variées d'intérêt. ⇔ <b>Physique-chimie et mathématiques</b>
2	Représenter la formule semi-développée cyclique du D-glucose. Comparer les formules semi-développées cycliques et linéaires des molécules de D-galactose, D-fructose, D-ribose, D-désoxyribose à celle du D-glucose.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Représentation plane de Haworth.</li> <li>- Représentation plane de Fischer.</li> <li>- Projection.</li> <li>- Aldose.</li> <li>- Cétose.</li> <li>- Hexose/pentose.</li> </ul>	 Construction ou manipulation de modèles moléculaires. Comparaison des principaux oses au D-glucose. Activités de tri et de repérage. Activités de mémorisation de la molécule de D-glucose. ⇔ <b>Physique-chimie et mathématiques</b>
3	Identifier dans le maltose, lactose, saccharose, amidon et glycogène la nature du (des) ose(s).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monomère/dimère.</li> <li>- Monomère/polymère.</li> <li>- Liaison osidique.</li> <li>- Ose/oside.</li> <li>- Holoside.</li> </ul>	Activités de tri et de repérage de la nature du(des) ose(s) au sein d'un oside simple.
4	Représenter la formule générique d'un acide $\alpha$ -aminé de la série L. Expliquer la nature asymétrique de l'atome de carbone $\alpha$ dans un acide aminé.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonction amine.</li> <li>- Fonction acide carboxylique.</li> <li>- Radical.</li> <li>- Projection de Fischer.</li> <li>- Acide <math>\alpha</math>-aminé.</li> <li>- Acide aminé L.</li> </ul>	 Construction ou manipulation de modèles moléculaires. Écriture en formule semi-développée d'une molécule d'acide $\alpha$ -aminé. ⇔ <b>Physique-chimie et mathématiques</b>

5	<p>Schématiser la structure primaire d'un peptide en mettant en évidence la liaison peptidique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liaison peptidique.</li> <li>- Séquence d'acides aminés.</li> <li>- Extrémité C-terminale.</li> <li>- Extrémité N-terminale.</li> </ul>	<p>Représentations en formule semi-développée de peptides simples.</p> <p>Repérage des liaisons peptidiques au sein d'un peptide.</p> <p>Orientation de séquences peptidiques.</p>
6	<p>Identifier la cystéine, la valine, la sérine, la lysine et l'acide glutamique.</p> <p>Repérer un acide aminé hydrophobe au sein d'une protéine.</p> <p>Identifier au sein d'une protéine la nature des liaisons intervenant dans sa structure tridimensionnelle.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pont disulfure.</li> <li>- Interactions hydrophobes.</li> <li>- Liaison ionique.</li> <li>- Structure tridimensionnelle.</li> <li>- Protéine fonctionnelle.</li> </ul>	<p>Utilisation d'un tableau présentant les classes d'acides aminés.</p> <p> Exploitation de documents, de banques de données numériques et/ou de logiciels de modélisation moléculaire de protéines pour relier les propriétés des chaînes latérales des acides aminés à la structure tridimensionnelle.</p> <p>Mise en évidence du lien entre la structure et la fonction de l'hémoglobine dans le contexte de la drépanocytose.</p>
7	<p>Repérer au sein d'un acide nucléique la base, l'ose et le groupement phosphate composant les nucléotides.</p> <p>Représenter une séquence nucléotidique à l'aide des lettres symboles représentant les bases azotées.</p> <p>Identifier les points communs et les différences entre une molécule d'ADN et une molécule d'ARN.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nucléotide.</li> <li>- Ribose/désoxyribose.</li> <li>- Base azotée.</li> <li>- ATCG/AUCG.</li> <li>- Orientation 5'→3'.</li> <li>- Brin d'ADN/brin d'ARN.</li> </ul>	<p>Description de la structure primaire de l'ADN.</p> <p> Visualisation 3D à l'aide de logiciels.</p> <p>Repérage de l'orientation de la liaison phosphodiester.</p> <p>Orientation d'une séquence de nucléotides.</p>
8	<p>Expliquer l'influence des paramètres physicochimiques sur la conformation des biomolécules.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liaisons faible intramoléculaire.</li> <li>- Structure tridimensionnelle.</li> <li>- Dénaturation.</li> <li>- pH limite.</li> <li>- Température limite.</li> </ul>	<p>Mise en évidence de l'importance des liaisons faibles en faisant varier le pH ou la température.</p>