

Documents de cours / TD / TP

Biopolymères

BUT 3 (S5)
Parcours MATPOL

Plan du cours

1. Carbohydrates : polysaccharides

1.1 Les monosaccharides

1.1.1 Aldoses et cétooses.

1.1.2 Les sucres : *molécules chirales*. Formes anomères et représentation de Haworth.

1.2 Réactivité des sucres

1.2.1 *Oxydation des sucres réducteurs*. Coupure oxydative par HIO₄.

1.2.2 *Réduction en polyols*. Exemple du xylitol.

1.2.3 *Ethérification et estérification*

1.3 Disaccharides

1.3.1 *Saccharose*.

1.3.2 *Maltose*.

1.3.3 *Cellobiose*.

1.3.4 *Lactose*.

1.4 **Polysaccharides naturels**. Ressource naturelle en fibres. Compositions du bois, structure chimiques des différents constituants du bois (lignine, cellulose, hémicellulose, tannins)

1.4.1 *La cellulose*. Structure. Solubilité. Purification de la cellulose et fibre textiles. Dérivés de la cellulose. Esters de cellulose. Ethers de cellulose. Réticulation de la cellulose. Greffage des celluloses.

1.4.2 *L'amidon*. Structure. L'amylose. L'amylopectine. Dérivés de l'amidon.

1.4.3 *Le glycogène*

1.4.4 *Autres polysaccharides naturels : alginate, carraghénanes et agarose; chitine et chitosane*

2. Acides aminés, peptides et protéines

2.1 Structure et propriétés des acides aminés

2.2 Peptides

2.3 Structure secondaire et tertiaire des protéines

2.4 Détermination de la structure primaire d'une protéine.

2.5. Principe de la synthèse peptidique.

2.6. Protéines végétales

3. Acides nucléiques

3.1 Structure des acides nucléiques

3.2 Biosynthèse de protéine

3.3 Le génome

4. Polyélectrolytes et complexes polyélectrolytes

4.1 **Polyélectrolytes**. Structure. Propriétés. Effet polyélectrolyte.

4.2 **Complexes de polyélectrolytes**. Coopérativité. Force ionique et pH. Caractérisation.

4.3 **Applications**. Libération de principes actifs. Thérapie génique.

Domaines d'applications des biopolymères

1. Chimie

Modification chimique
Synthèse d'oligomères

2. Agrochimie

Molécules bioactives
Traitements phytosanitaires
Enrobage de semences
Conservation des fruits et légumes

3. Cosmétiques

Capillaire
Cutané
Maquillages
Neutraceutique, alicament

4. Pharmacie

Formulation
Principes actifs
Vectorisation
Diagnostic médical
Relargage contrôlé

5. Papeterie, emballage

Bâtiment
Hygiène (personal care)

6. Dispositifs médicaux

7. Environnement : dépollution des eaux et des sols

8. Textiles

9. Transports

10. Industries Alimentaires

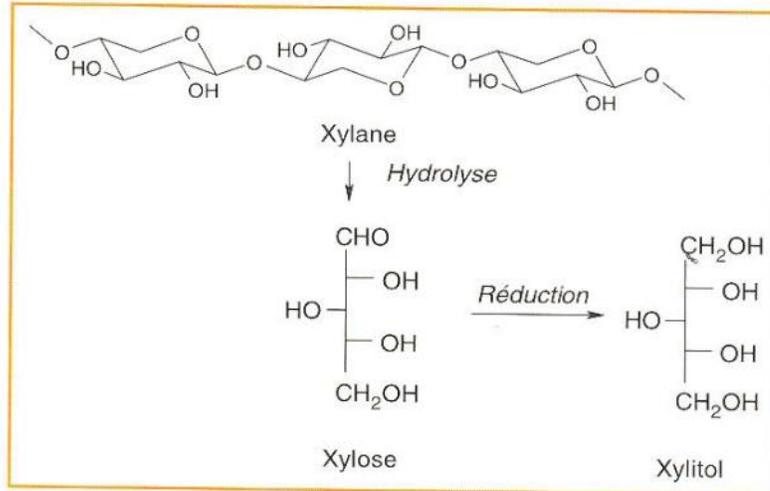
Le xylitol

Xylane : dans le bois et les végétaux, notamment le bouleau et le maïs

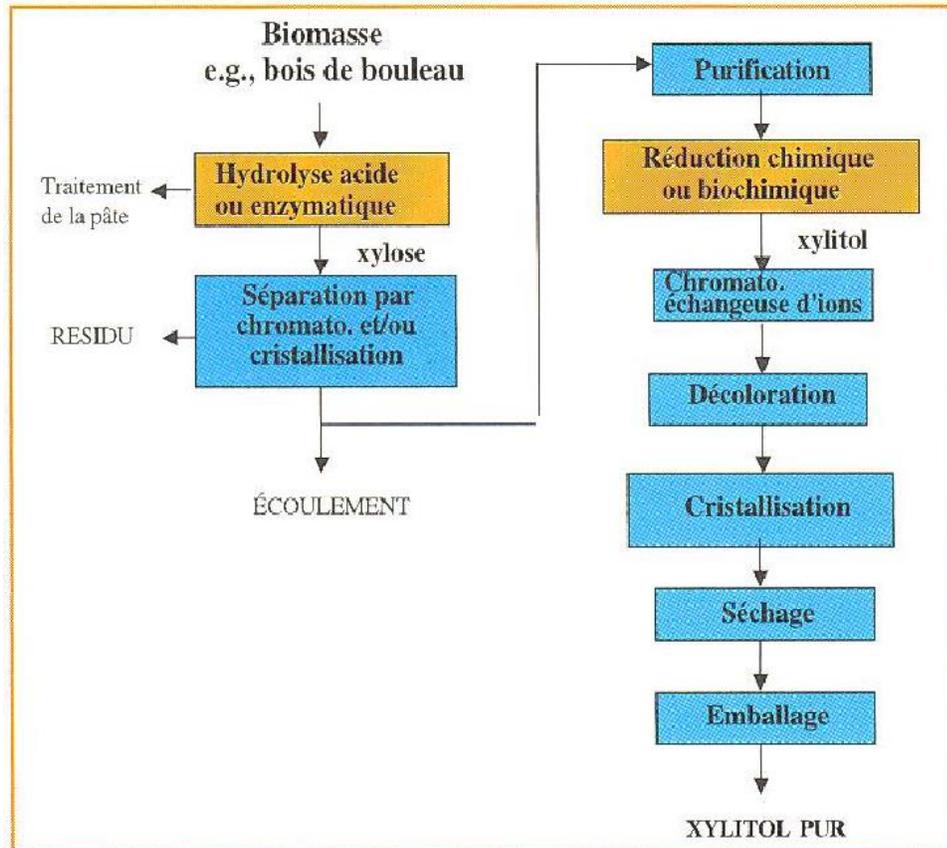
Xylitol : édulcorant, inhibe le développement des caries

=non métabolisé par les bactéries et n'abaisse pas le pH dans la bouche

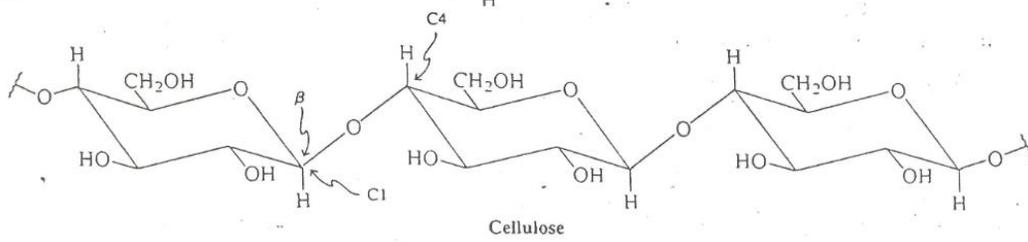
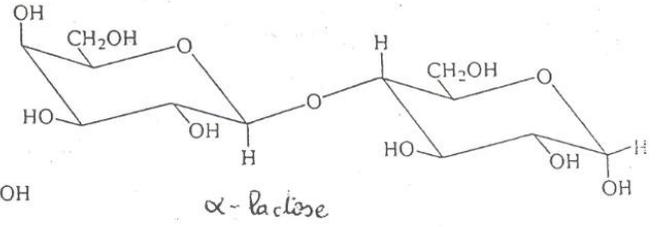
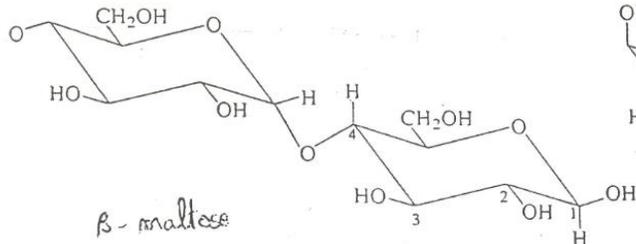
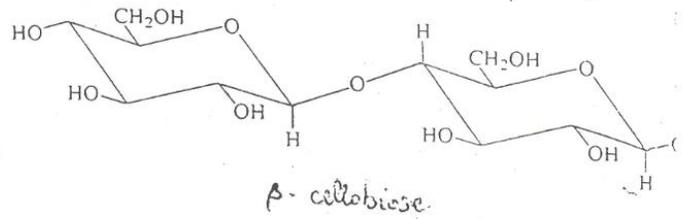
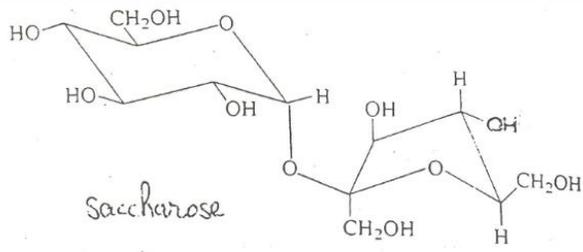
Utilisation : chewing gum, dentifrice, friandise, aliments diététiques (diabète)



g



Structure des disaccharides



Ressources naturelles en fibres

Tableau II - Inventaire des principales fibres disponibles annuellement dans le monde à partir des plantes annuelles et des déchets agricoles.

Source	Milliers de tonnes de fibres sèches
Pailles (blé, riz, orge, avoine, seigle, lin)	1 145 000
Tiges (maïs, sorgho, coton, jute, kénaif, chanvre)	978 000
Bagasse de canne à sucre	75 000
Roseaux	30 000
Bambou	30 000
Fibres de coton	15 000
Papyrus	5 000
Périllibériennes (jute, kénaif, chanvre)	2 900
Linters de coton	1 000
Alfa	500
Feuilles (sisal, abaca, henequen)	480
Sabai (herbe à éléphant)	200
Total	2 283 080

Tableau IV - Composition typique de bois résineux et feuillus.

	Composition massique (%)		Rôle
	Résineux	Feuillus	
Cellulose	40-45	38-50	Renfort
Hémicellulose	7-15	19-26	Matrice
Lignine	26-34	23-30	Matrice
Extractibles	4	4	Lubrifiant
Cendres	< 1	< 1	-

Microstructure de la cellulose

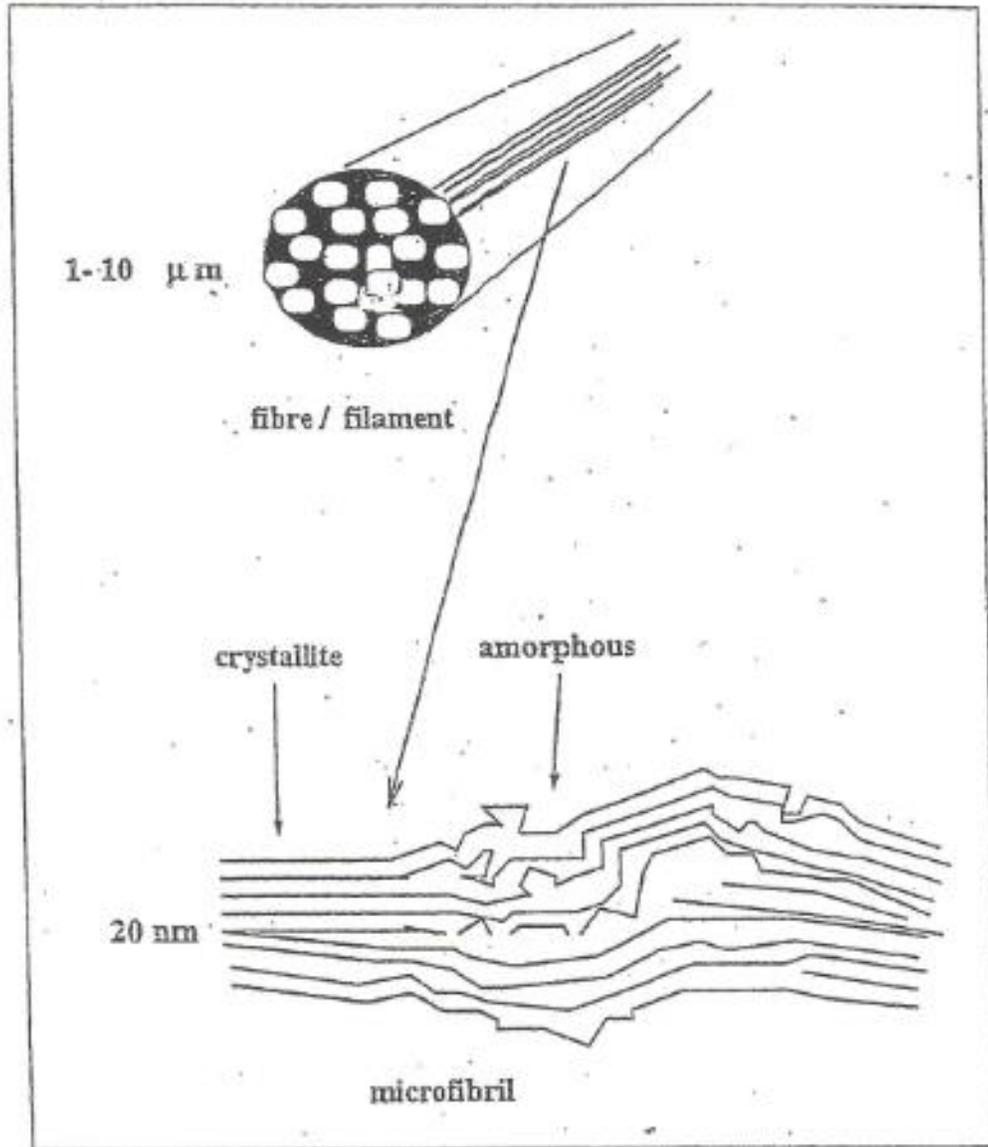
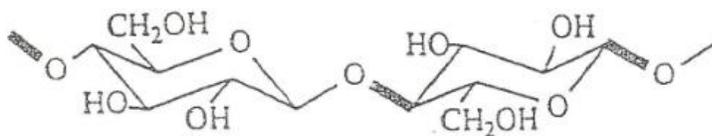


Figure 1. Morphology of cellulose fibres, showing that microfibrils are composed of crystalline and amorphous regions.



7 Cellulose, (1→4)-β-D-glucan
Adjacent glucoside units are
twisted through 180°

Structure chimique du bois (et des végétaux)

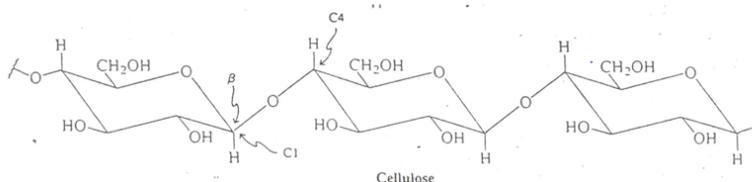


Figure 1 : la cellulose (renfort=armature en fer)

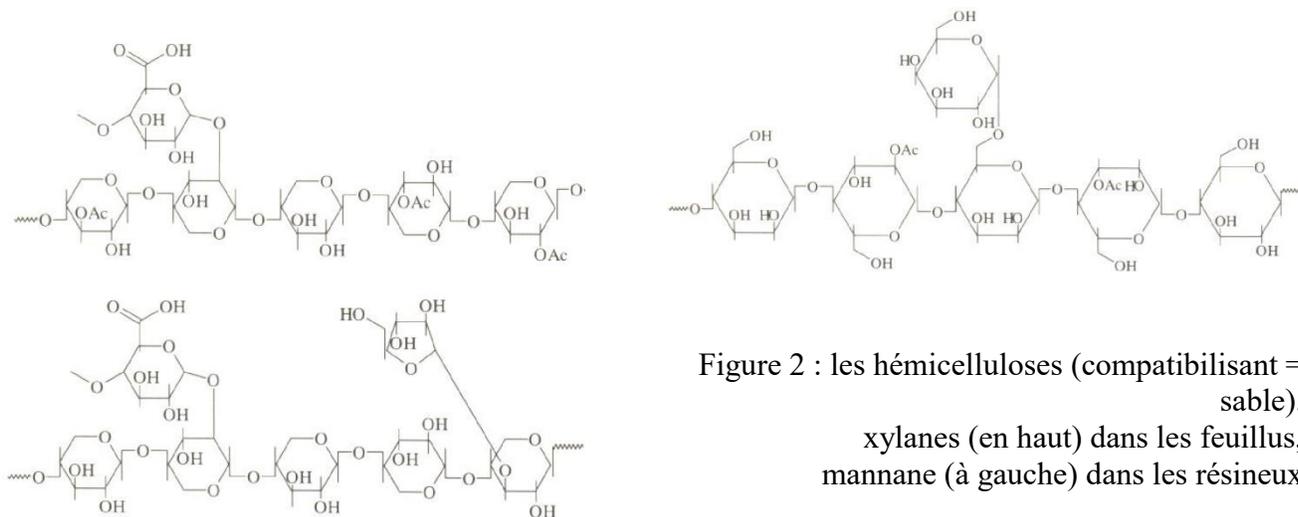


Figure 2 : les hémicelluloses (compatibilisant = sable).
xylanes (en haut) dans les feuillus,
mannane (à gauche) dans les résineux

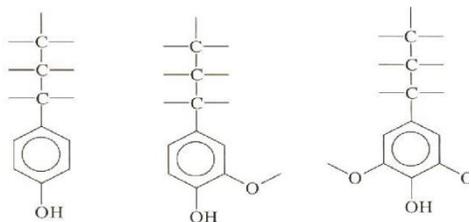


Figure 3 : la lignine (la matrice=le ciment). Base de phénol propane (C9). Utilisation comme charge dans les élastomères.

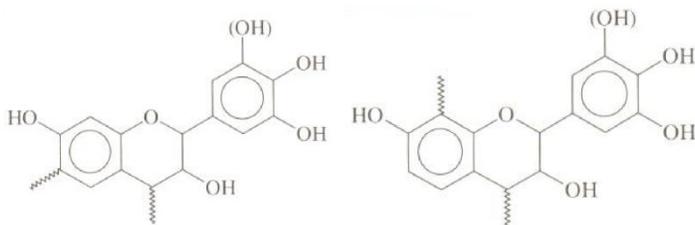
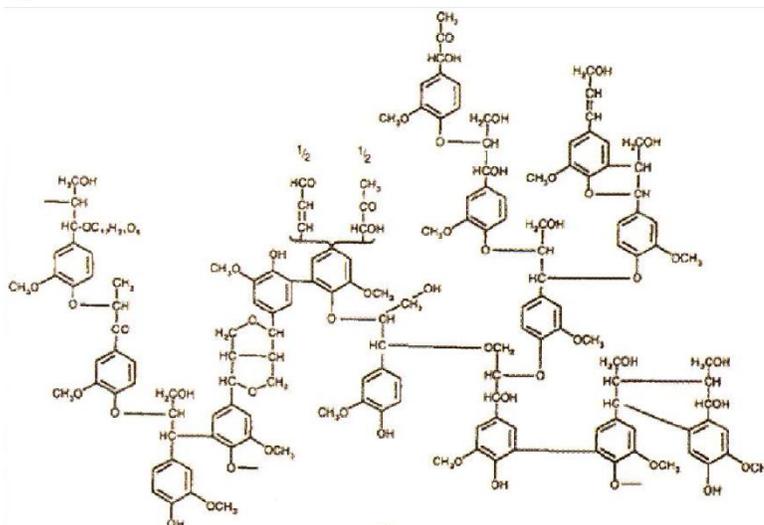


Figure 4 : les tannins = oligomères phénoliques naturels (flavonoïdes) Ecorces de pin (droite) et de mimosa (gauche). Adhésifs dans les résines, traitement des peaux animales.

Amidon

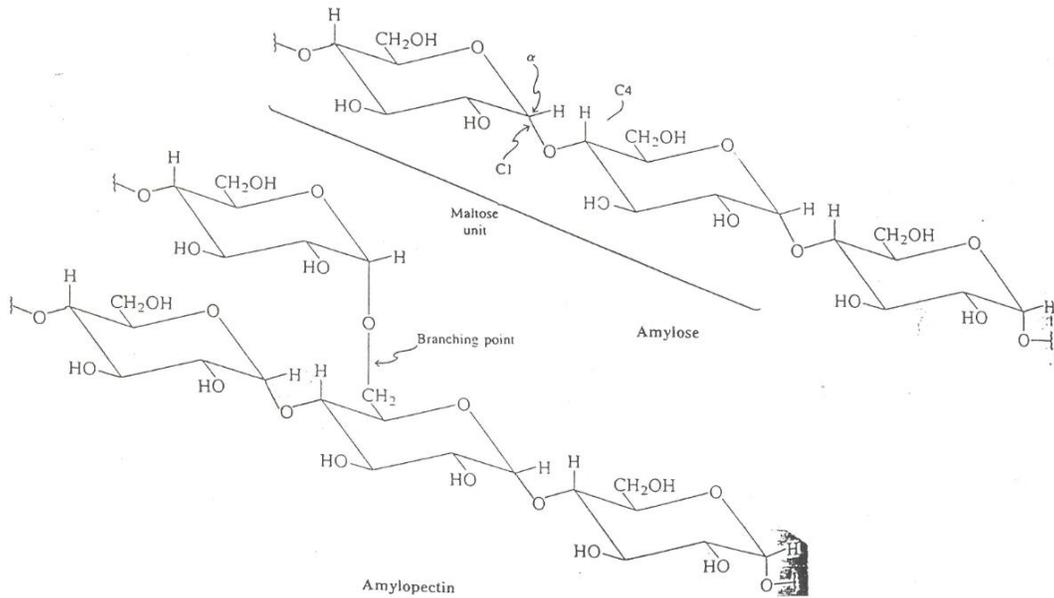


Tableau I - Variation de la composition de l'amidon natif en fonction de son origine.

Plante	Amylose (%)	Amylopectine (%)	Point de gélification (°C)
Maïs standard	28	72	72-73
Maïs waxy	1	99	72-73
Amylomaïs	52-80	48-20	indéterminé
Blé	26	74	68-70
Pomme de terre	23	77	64-66
Manioc	17	83	64-66

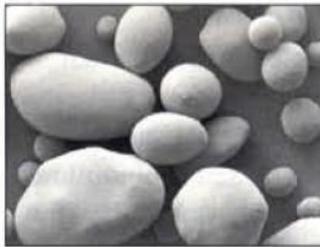


Fig 2a
SEM Potato starch granule
Particle size is 10-100 μ m

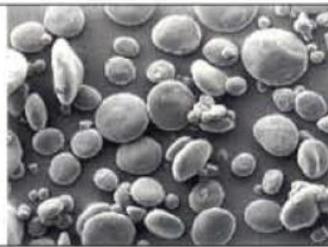


Fig 2b
SEM Wheat starch granule
Particle size is 2-45 μ m

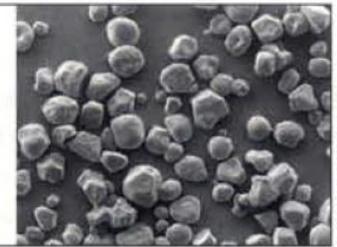


Fig 2c
SEM Corn starch granule
Particle size is 2-32 μ m

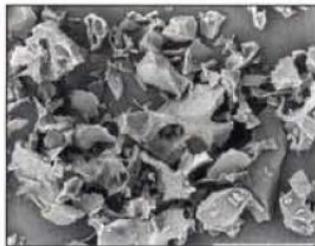


Fig 3a
SEM picture of pregelatinized starch (PGS)

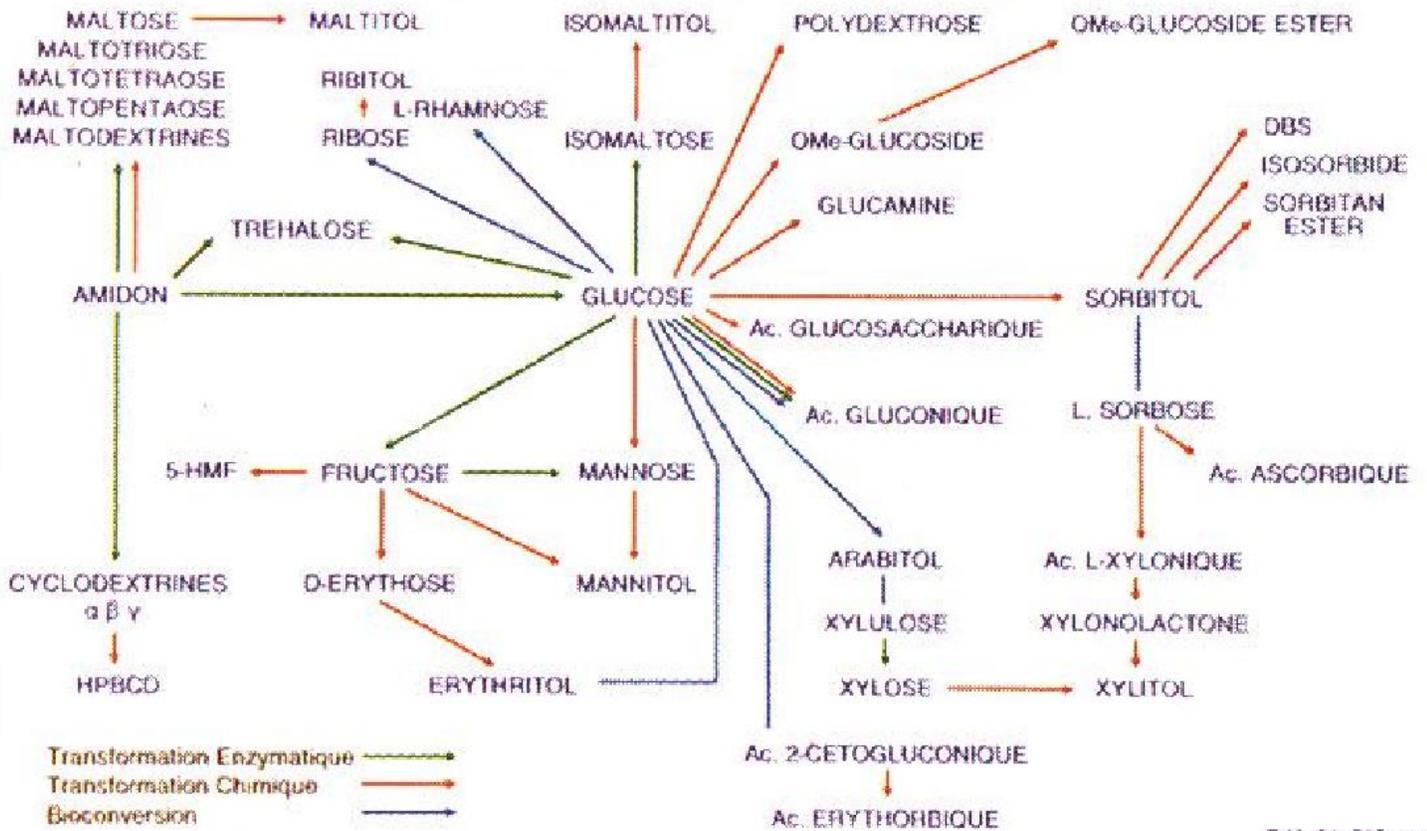


Fig 3b
SEM picture of partially pregelatinized starch (PPS)



Fig 4
SEM picture of sorbitol crystal surface

PRINCIPAUX DERIVES DE L'AMIDON ET DU GLUCOSE



Réf. Ph.SIC. 95

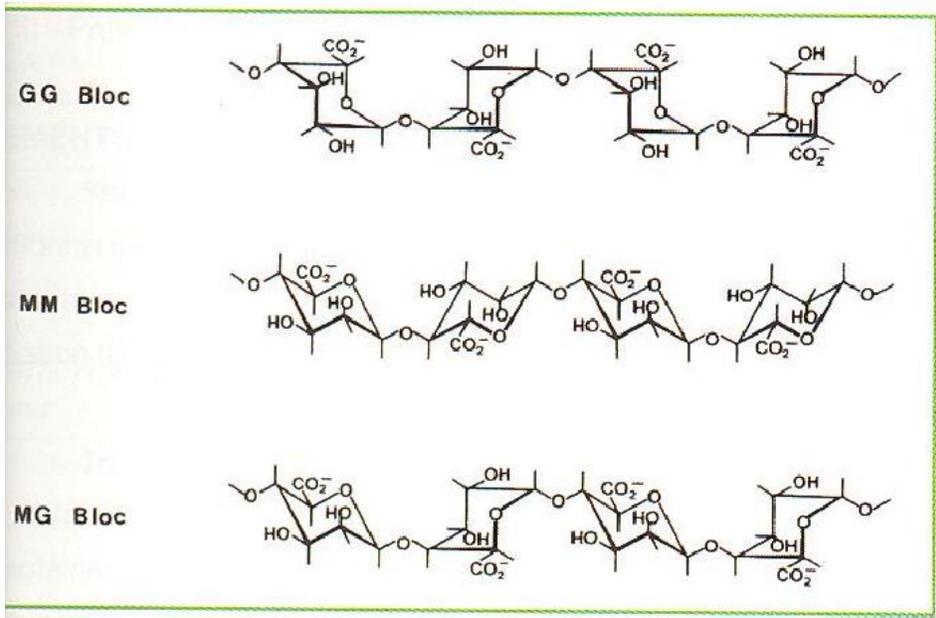
Alginates (algues brunes)

Copolymère linéaire d'acide guluronique (G) et d'acide mannuronique (M)



Tableau I - Origines et caractéristiques de quelques algines.

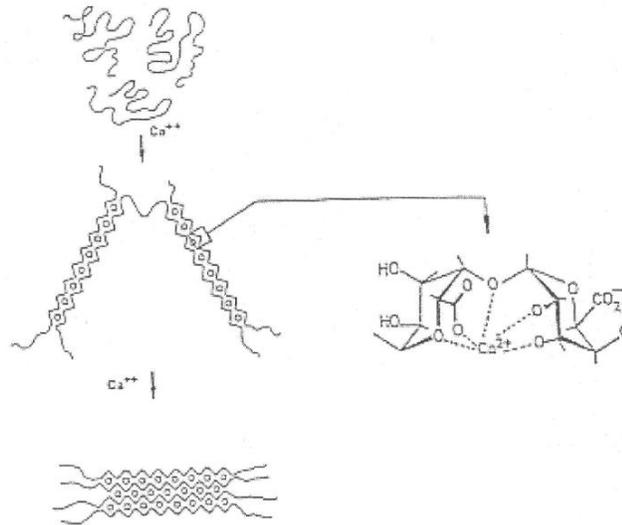
Algues brunes : espèces	Rapports M/G	Pays producteurs
<i>Laminaria hyperborea</i>	feuille	États-Unis, Écosse
	thalle	
<i>Laminaria digitata</i>	1,44	Norvège, Chine
<i>Laminaria longicuris</i>	2,03	France, Japon
<i>Ascophyllum Nodosum</i>	1,77	Australie, Amérique du Sud
<i>Macrocystis Pyrifera</i>	1,56	
<i>Fucus Serratus</i>	1,06	



monomère acide
guluronique (G)
acide mannuronique (M)

Alginate = épaississant
en milieu aqueux

Sel de calcium, insoluble dans les algues. Extraction par traitement acide (déplacer le calcium) puis traitement alcalin (conduit au sel de sodium, soluble dans l'eau). Précipitation dans alcool. 25 à 30 000 t/an.



Structure en boîte d'œufs des algines en présence de Ca^{2+}

Carraghénanes et agarose (algues rouges)

Tableau II - Origines des carraghénanes.

Type de polysaccharides	Additif alimentaire	Algues rouges : Espèces	Pays producteurs
κ-carraghénane	E 407	<i>Girgatina Pistillata</i> <i>Hypnea</i> <i>Soleria</i> <i>Girgatina</i> <i>Chondrus</i> <i>Euchema cottonii</i>	États-Unis, Canada
			France (Bretagne) Péninsule ibérique
ι-carraghénane	E 407	<i>Euchema spinosum</i>	Philippines Indonésie
Agar	E 406	<i>Gelidium</i> <i>Gracilaria</i>	Japon Portugal Espagne Amérique du Sud

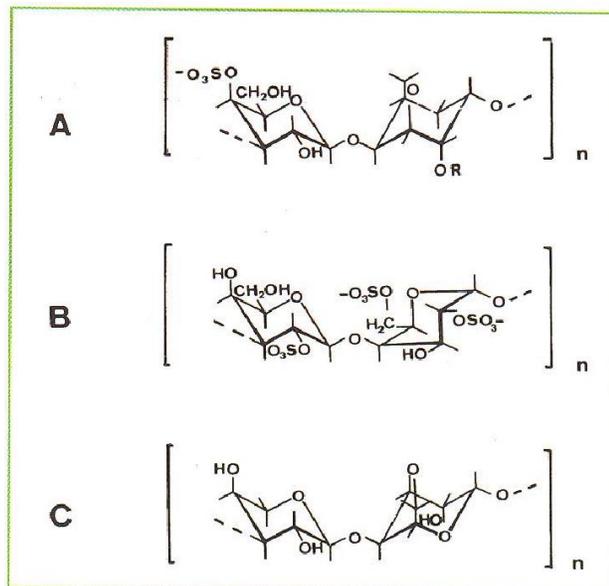
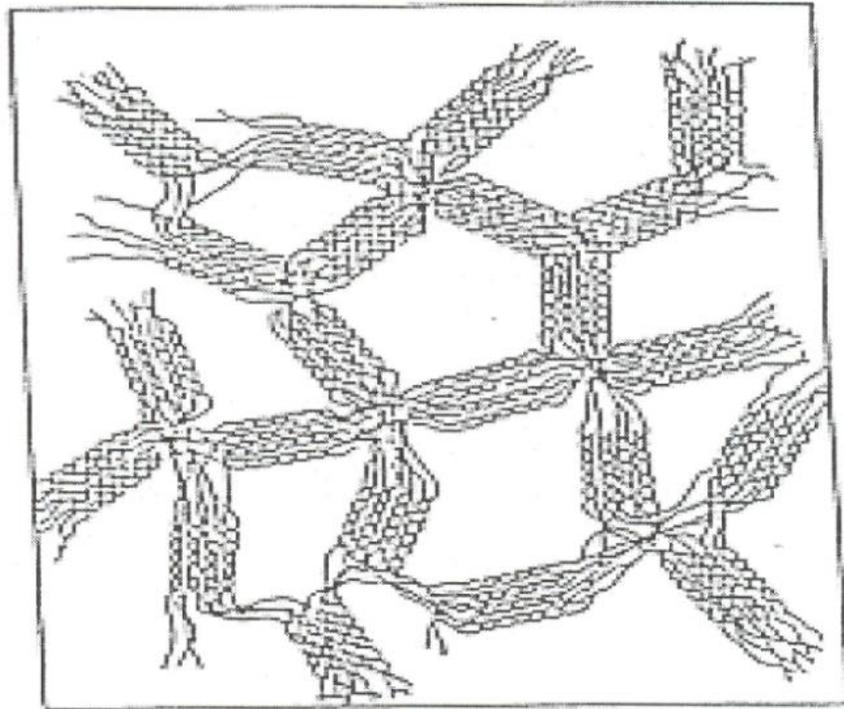


Tableau III - Caractéristiques des carraghénanes en milieu aqueux.

	κ-carraghénane	ι-carraghénane	λ-carraghénane
Effet du cation	Forme des gels Sélectivité ionique importante pour les ions monovalents	Faible sélectivité ionique avec les ions monovalents mais gel plus fort avec Ca ²⁺	Ne forme pas de gel
Qualité du gel	Gel rigide et cassant avec synérèse Gel thermoréversible	Gel élastique Gel thermoréversible	Ne forme pas de gel
Stabilité à la congélation/décongélation	Non	Stable	Non



Structure de l'agarose

Chitine / Chitosane

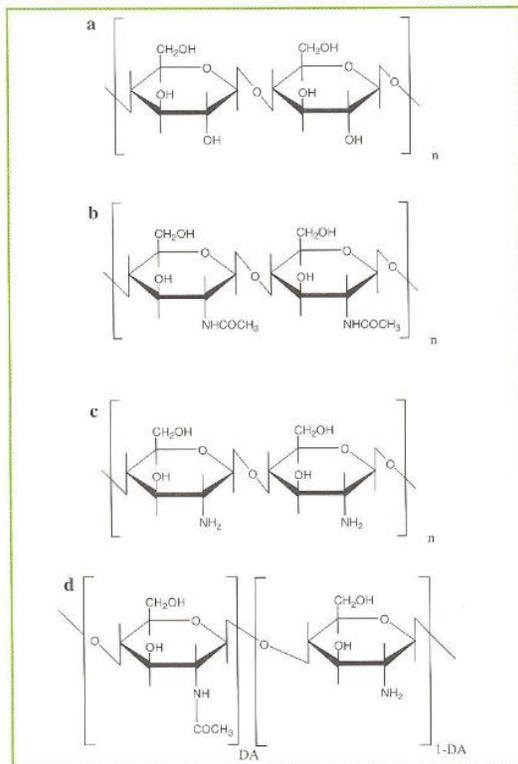


Figure 1 - Structure chimique :
a) de la cellulose ; b) de la chitine parfaite ; c) du chitosane parfait ;
d) réelle des chitines et chitosanes (DA est le degré d'acétylation).

Tableau I - Les principales sources de chitine.

SOURCES	SITES DE PRÉSENCE	TENEUR EN CHITINE (%)
CHAMPIGNONS Ascomycètes Basidiomycètes Phycomycètes	Paroi cellulaire Mycélium Tige Spore	2,9 - 20,1(*) (*) par rapport à la masse sèche de la paroi cellulaire
ALGUES Chlorophycées Diatomées marines	Paroi cellulaire	Faible
CNIDAIRES Anthozoaires Hydrozoaires	Capsule d'œufs Membranes internes et médianes	3 - 30
BRACHIOPODES Articulés Inarticulés	Cuticules Cuticules et coquilles	4 - 29
ANNELIDES Polychètes	Soies	0,2 - 38
MOLLUSQUES Polyplacophores Gastéropodes Céphalopodes Lamellibranches	Coquille et dents Coquille, dents et plaque stomacale Coquille, plume et dents Coquille	6 - 40
ARTHROPODES Crustacés Insectes Arachnides	Exosquelette, membrane entre les segments, cuticule	2 - 72 (#) (#) par rapport à la masse organique sèche de cuticule
POGONOPHORES	Tubes	33

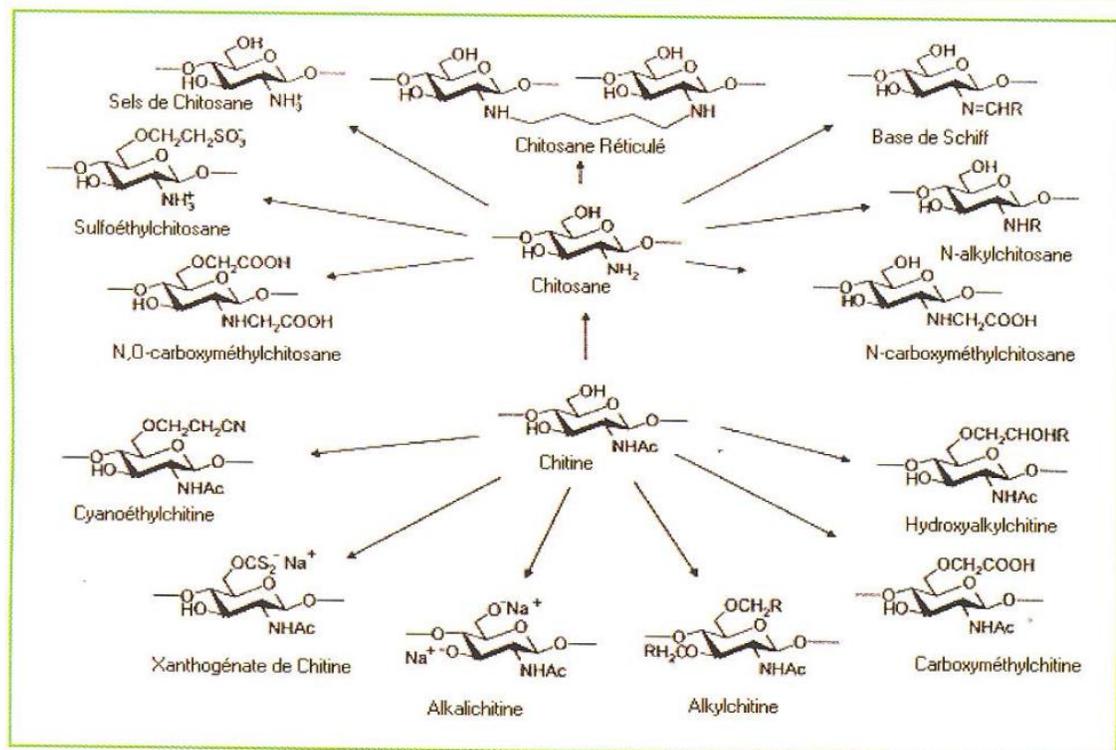
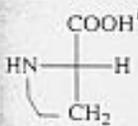
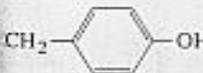
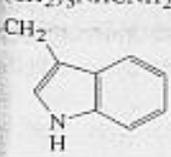
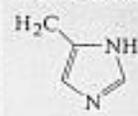
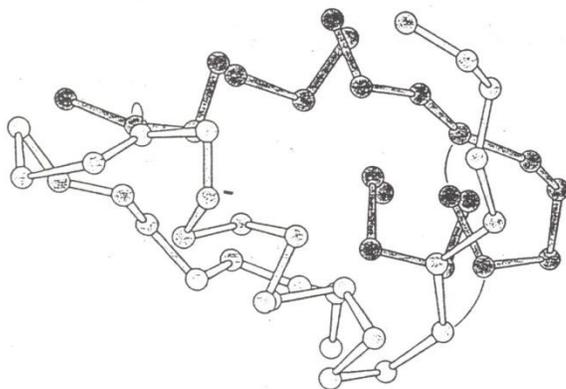
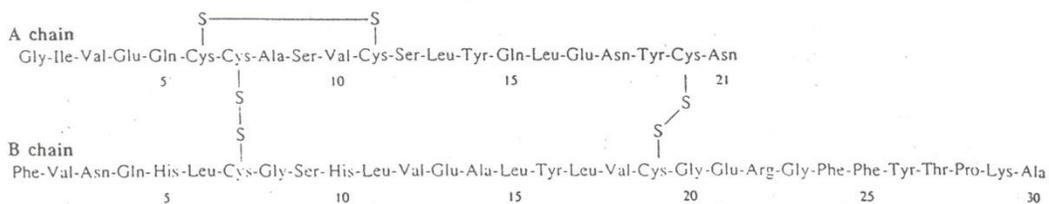


Figure 3 - Dérivés chimiques de la chitine et du chitosane (d'après M.G. Peter, 1995).

Tableau II - Propriétés de la chiline et du chitosane et leurs principales applications.		
PROPRIÉTÉS	DOMAINES D'APPLICATION	APPLICATIONS
<p>Propriétés chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polyamine linéaire • Réactivité des groupements amino • Réactivité des groupements hydroxyle <p>Propriétés polyélectrolytes (en milieu acide)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polymère cationique • Forte densité de charge • Excellent flocculant • Adhésion à des surfaces chargées négativement <p>Propriétés Biologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biocompatibilité <ul style="list-style-type: none"> - non toxique - biodégradable • Bioactivité <ul style="list-style-type: none"> - accélère la cicatrisation des plaies - réduit le niveau de cholestérol - stimule le système immunitaire <p>Propriétés chélatantes</p> <p>Propriétés filmogènes</p> <p>Propriétés de rétention d'eau</p> <p>Propriétés antifongiques</p>	AGRICULTURE	Enrobage des semences Alimentation des volailles Fertilisant
	ALIMENTAIRE	Additifs alimentaires (liant, émulsifiant, stabilisant...) Clarification des boissons
	BIOMÉDICAL	Agent hémostatique, bactéricide, spermicide Anticoagulant Vaisseaux sanguins artificiels Gel dentaire Lentille cristalline (ophtalmologie) Membrane pour dialyse Capsules pour le relargage des médicaments Réduction du taux de cholestérol Peaux artificielles Pansements Accélération de la cicatrisation des blessures Fils de suture chirurgicaux biorésorbables
	COSMÉTIQUE	Agent de liaison dans les crèmes Émulsifiant Humidifiant Soins capillaires
	ENVIRONNEMENT (Traitement des eaux usées et des déchets)	Purification des eaux par floculation Formation de complexes avec les métaux
	AUTRES	
	Acoustique	Membrane des hauts-parleurs
Biotechnologie	Immobilisation des cellules et des enzymes	
Industrie papetière	Additifs	
Textile	Additifs (impermeabilisant...)	
Photographie	Films	

R	Name	Three-letter code	pK _a of COOH	pK _a of ⁺ NH ₃	pK _a of acidic function in R
H	Glycine	Gly	2.4	9.8	—
Alkyl group					
CH ₃	Alanine	Ala	2.4	9.9	—
CH(CH ₃) ₂	Valine ^a	Val	2.3	9.7	—
CH ₂ CH(CH ₃) ₂	Leucine ^a	Leu	2.3	9.7	—
CHCH ₂ CH ₃ (<i>S</i>) CH ₃	Isoleucine ^a	Ile	2.3	9.7	—
CH ₂ C ₆ H ₅	Phenylalanine ^a	Phe	2.6	9.2	—
	Proline	Pro	2.0	10.6	—
Hydroxy-containing					
CH ₂ OH	Serine	Ser	2.2	9.4	—
CHOH CH ₃	Threonine ^a	Thr	2.1	9.1	—
CH ₂ - 	Tyrosine	Tyr	2.2	9.1	10.1
Amino-containing					
CH ₂ C(=O)NH ₂	Asparagine	Asn	2.0	8.8	—
CH ₂ CH ₂ C(=O)NH ₂	Glutamine	Gln	2.2	9.1	—
(CH ₂) ₄ NH ₂	Lysine ^a	Lys	2.2	9.2	10.8 ^c
(CH ₂) ₃ NH-C(=NH)-NH ₂	Arginine	Arg	1.8	9.0	13.2 ^c
CH ₂ - 	Tryptophan ^a	Trp	2.4	9.4	—
<i>(continued)</i>					
Amino-containing (continued)					
H ₂ C- 	Histidine	His	1.8	9.2	6.1 ^c
Mercapto- or sulfide-containing					
CH ₂ SH	Cysteine ^d	Cys	1.9	10.3	8.4
CH ₂ CH ₂ SCH ₃	Methionine ^d	Met	2.2	9.3	—
Carboxy-containing					
CH ₂ COOH	Aspartic acid	Asp	2.0	10.0	3.9
CH ₂ CH ₂ COOH	Glutamic acid	Glu	2.1	10.0	4.3

a. Essential amino acids. b. Entire structure. c. pK_a of conjugate acid.
d. The stereocenter is *R*, because the CH₂SH substituent has higher priority than the COOH group.



Enzyme	Site of cleavage
Trypsin	Lys, Arg, carboxy end
Clostripain	Arg, carboxy end
Chymotrypsin	Phe, Trp, Tyr, carboxy end
Pepsin	Asp, Glu, Leu, Phe, Trp, Tyr, carboxy end
Thermolysin	Leu, Ile, Val, amino end

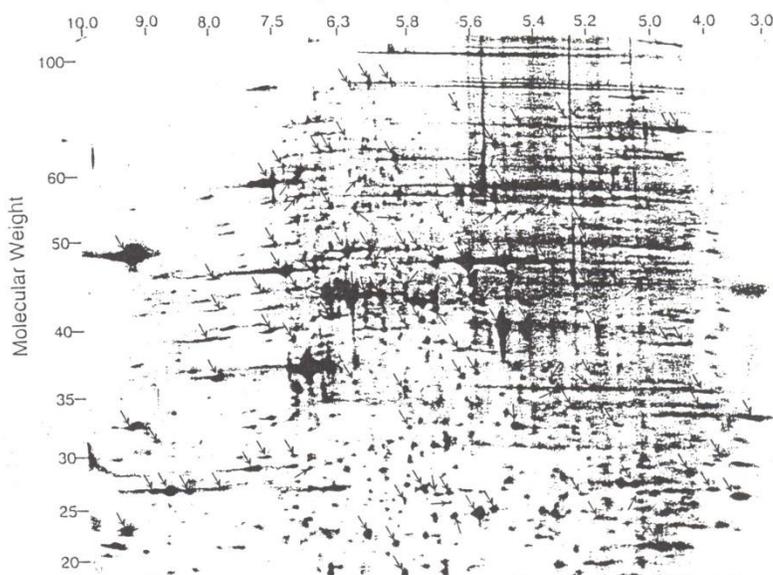
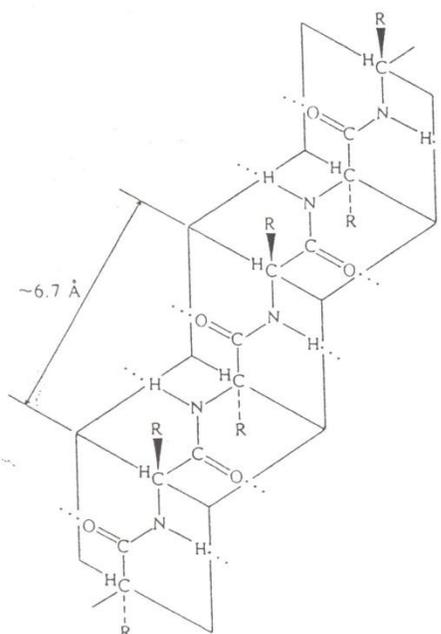
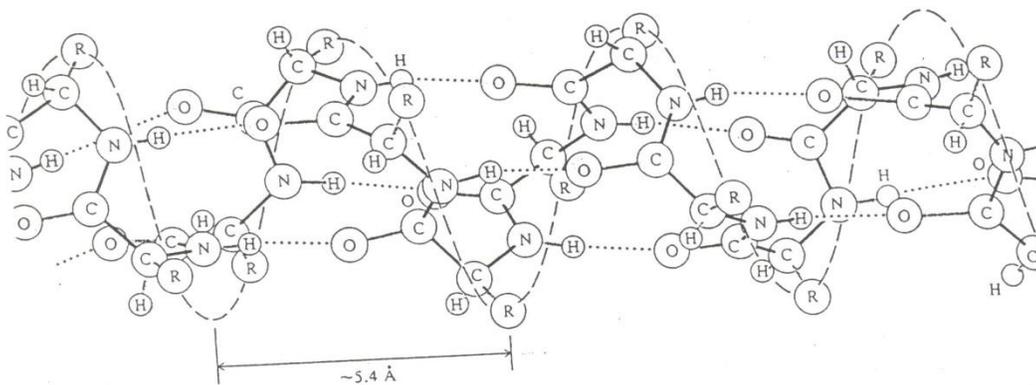


Figure 3. 1-DE separation of a lysate of yeast cells, with identified proteins highlighted. The first dimension of separation was an IPG from pH 3-10, and the second dimension was a 10%T SDS-PAGE gel. Proteins were visualized by silver staining. Further details of experimental procedures are included in S. P. Gygi *et al.* (submitted).

Protéines végétales

Tableau I - Principales protéines végétales utilisées pour des utilisations non alimentaires.

Protéines	Rapport entre acides aminés ^(a)			Principales sous-unités			
	A	B	C	Nom	M _R	MM	S ^(b)
Zéine de maïs	36	10	47	α-zéine	80	21-25	IV
Gluten de blé	39	14	40	Gliadine	40	30-80	IV
				Glutenine	46	200-2000	III
Protéines de soja	31	25	36	β-Conglycinine	35	185	II
				Glycinine	40	363	II
Protéines d'arachide	30	27	32	Arachine	75	330	II
Protéines de coton	41	23	32	Albumine	30	10-25	I
				Globuline	60	113-180	II

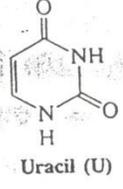
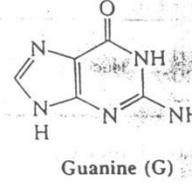
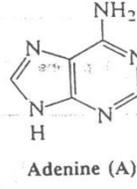
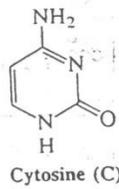
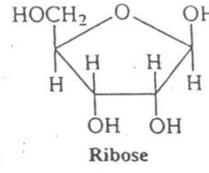
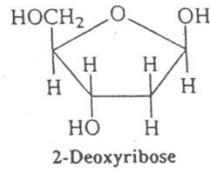
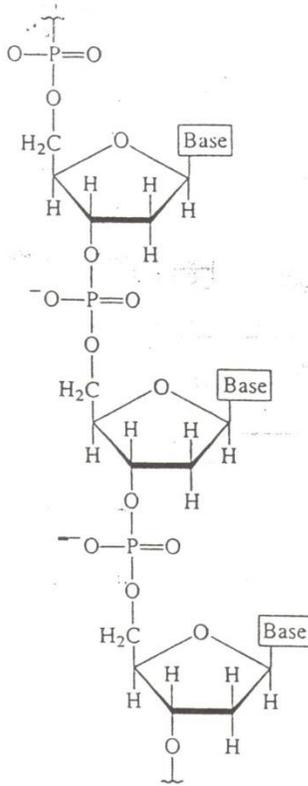
MM = masse molaire ($\times 10^3$ g/mol) et M_R = rapport massique de la sous-unité (%) dans la matière première protéique.

^(a)Rapport entre les acides aminés (mol/100 mol) : -A- polaires non ionisables, -B- polaires ionisables et -C- non polaires.

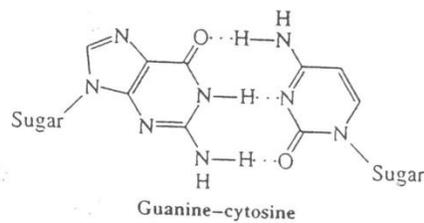
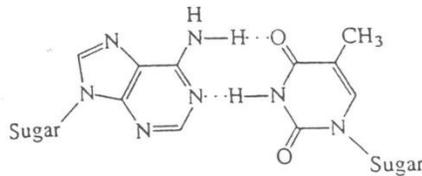
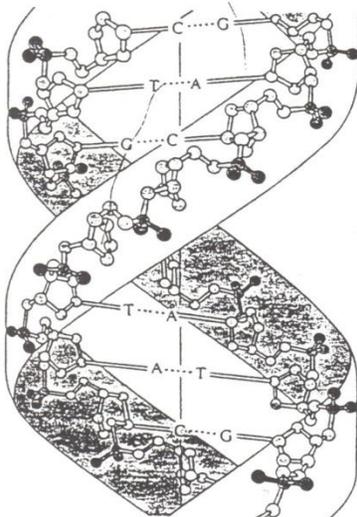
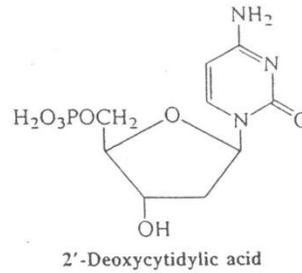
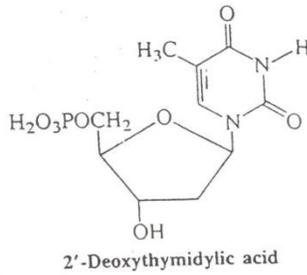
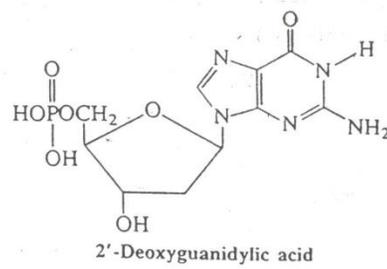
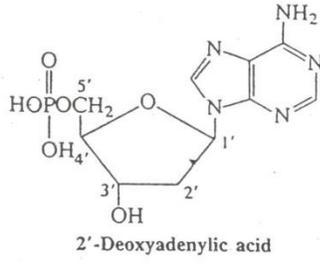
^(b)S = solubilité des protéines selon Osborne [1924] : I- dans l'eau, II- en solutions salines diluées, III- en milieu acide ou basique, et IV- en solution éthanolique (80 %).

Tableau II - Principales utilisations non alimentaires des protéines (végétales et animales).

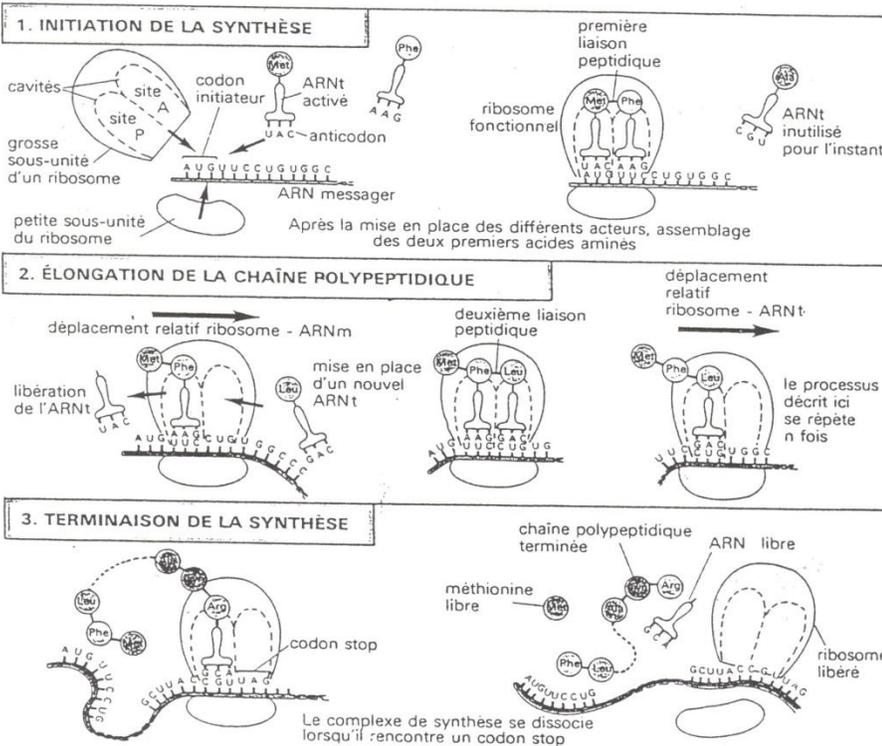
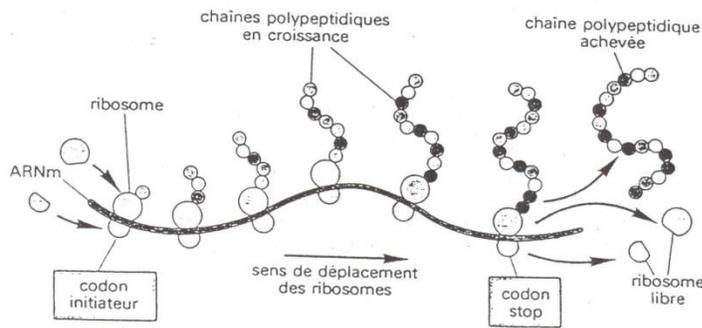
Utilisations
Films, enductions et enrobages :
Imperméabilisation de sacs papier et de cartons d'emballage (actuel/renouveau d'intérêt)
Glaçage du papier pour couvertures de magazines et pochettes de disques (abandonné)
Enrobage de comprimés pharmaceutiques (actuel)
Enrobage d'aliments (protection contre le rancissement et l'absorption d'eau) (actuel)
Supports photographiques (actuel)
Résines, liants et adhésifs :
Liant des pigments d'encres d'imprimerie (actuel/renouveau d'intérêt)
Adhésif pour le collage des papiers peints, des étiquettes de bouteilles, des bois de placage... (actuel/renouveau d'intérêt)
Adhésif pour liège et bois aggloméré (actuel/renouveau d'intérêt)
Adhésif pour matériaux composites fibreux (actuel/renouveau d'intérêt)
Fibres textiles :
« Vicara » (fibre à base de zéine de maïs) (abandonné)
Fibres à base de caséine (actuel/renouveau d'intérêt)
Objets plastiques moulés :
Boutons, poignées de portes, boucles de ceintures, couronnes de distribution des moteurs automobiles (abandonné)
Articles de bijouterie (colliers, boucles d'oreilles) (abandonné)
« Marque » pour certains fromages type tomes de gruyère AOC (actuel)
Objets moulés divers, corps de stylo, jouets, portes clefs... (actuel)
Additifs pour les caoutchoucs (pneumatiques) (actuel)
Tensioactifs :
Protéines lipophylisées (ex. : gluten, collagène ou caséine) pour bases cosmétiques



Nucleotides of DNA

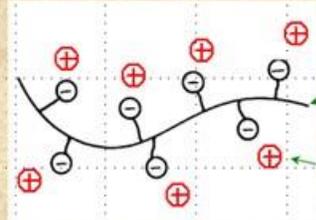


		deuxième lettre				
		U	C	A	G	
première lettre	U	UUU } phénylalanine UUC } UUA } leucine UUG }	UCU } sérine UCC } UCA } UCG }	UAU } tyrosine UAC } UAA } codons-stop UAG }	UGU } cystéine UGC } UGA } codons-stop UGG } tryptophane	troisième lettre
	C	CUU } leucine CUC } CUA } CUG }	CCU } proline CCC } CCA } CCG }	CAU } histidine CAC } CAA } glutamine CAG }	CGU } arginine CGC } CGA } CGG }	
	A	AUU } isoleucine AUC } AUA } méthionine AUG }	ACU } thréonine ACC } ACA } ACG }	AAU } asparagine AAC } AAA } lysine AAG }	AGU } sérine AGC } AGA } arginine AGG }	
	G	GUU } valine GUC } GUA } GUG }	GCU } alanine GCC } GCA } GCG }	GAU } acide aspartique GAC } GAA } acide glutamique GAG }	GGU } glycine GGC } GGA } GGG }	



Trois types de polyélectrolytes

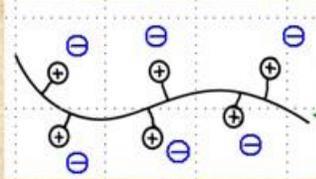
Polyacide



Polyanion

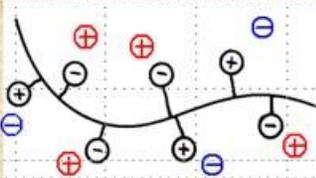
Ions compensateurs = contre-ions

Polybase



Polycation

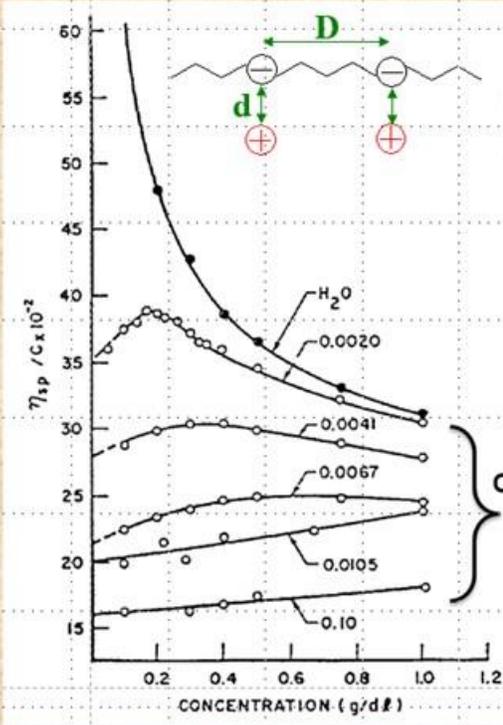
Polyampholite



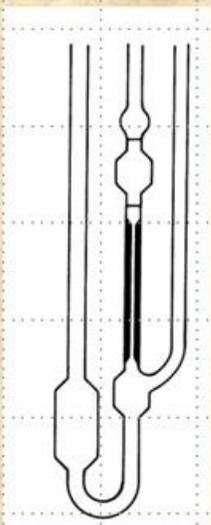
Polyamphotère

4

Effet « POLYELECTROLYTE »



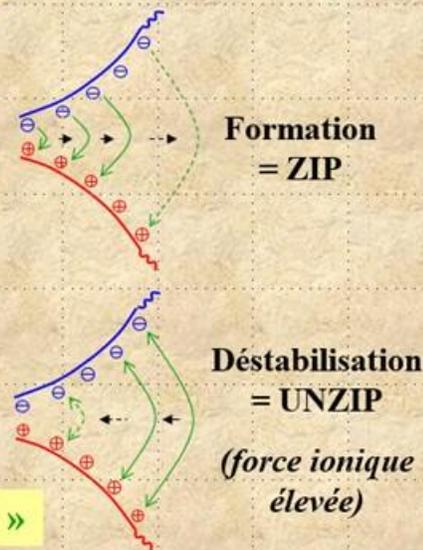
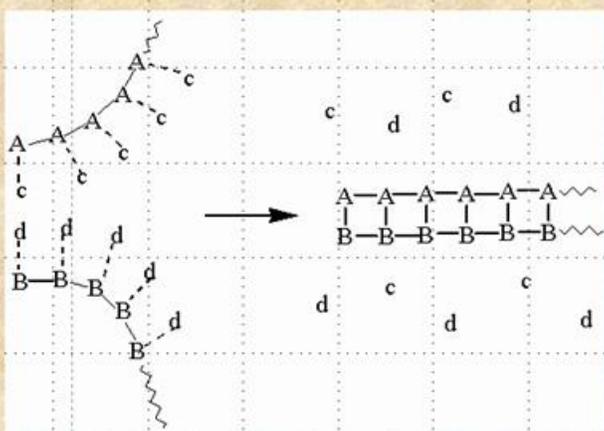
Concentration en NaCl variable



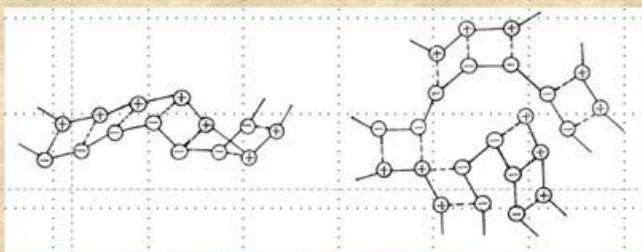
Viscosimètre Ubbelohde

Présence de sel : effet d'écran

Complexation = phénomène coopératif



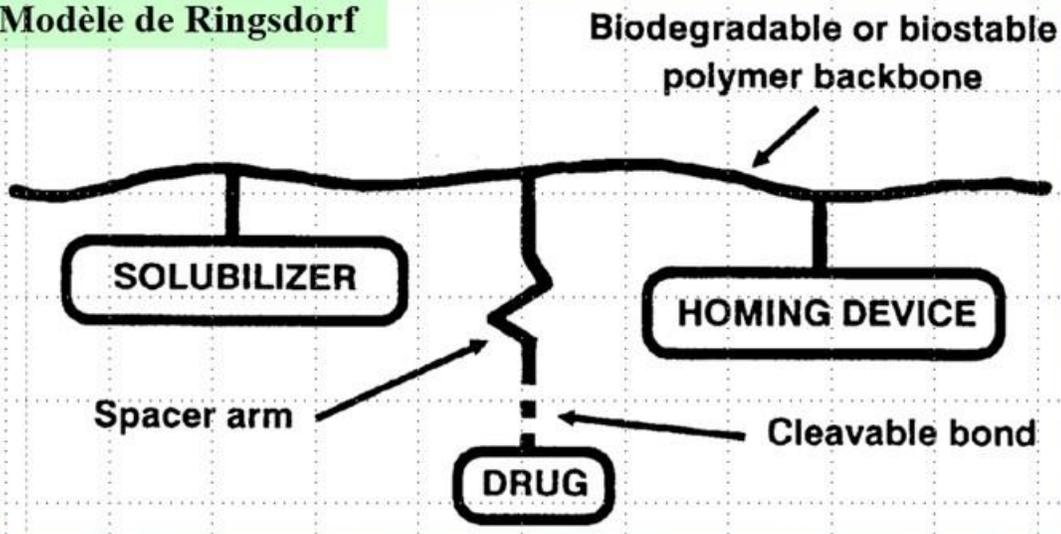
Modèle en « échelle » et en « œuf brouillé »



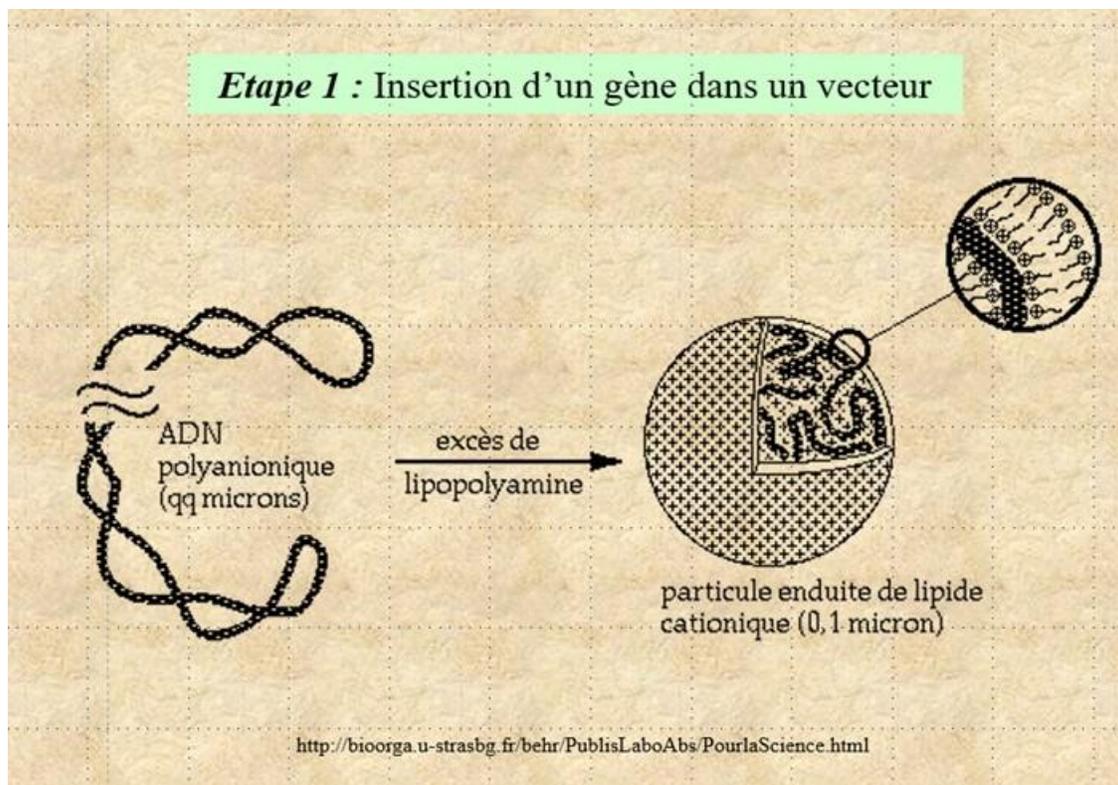
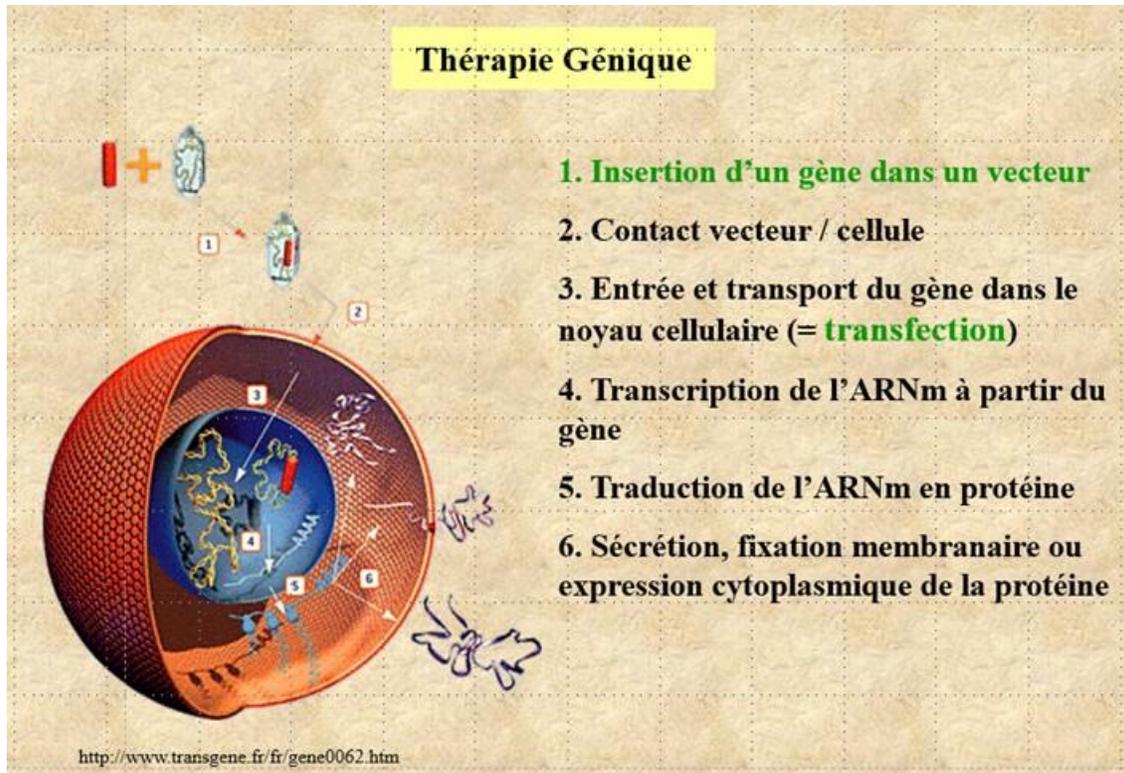
18

Conjugués Polyélectrolyte - Principe actif

Modèle de Ringsdorf



H. Ringsdorf, *J. Polym. Sci., Polym. Symp.* **51**, 135 (1975)



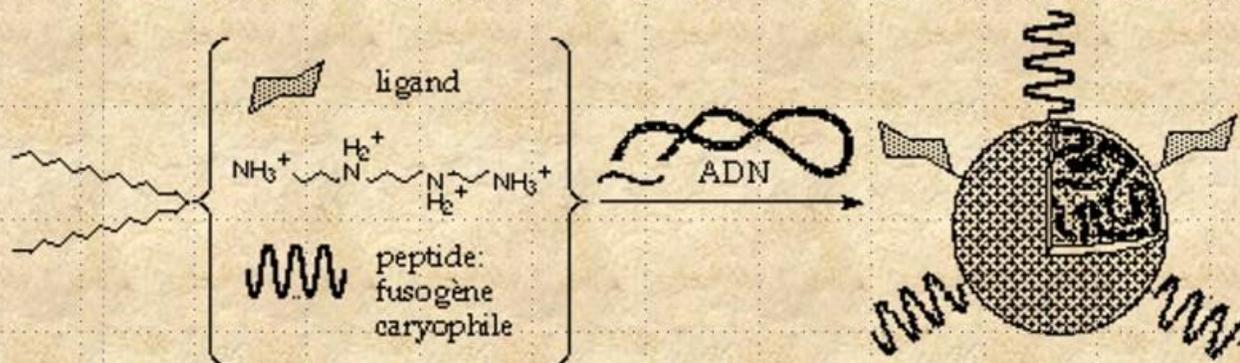
Composition du plasma sanguin

COMPOSANT		CONCENTRATION	PRINCIPALES FONCTIONS	
Solvant	eau	910 g/L	solvant et ionisant, milieu de diffusion et de transport, rôle thermique	
	cations	Na ⁺	140 mmol/L	équilibre osmotique, potentiel de membrane
K ⁺		5 mmol/L		
Ca ²⁺		2,5 mmol/L		
Mg ²⁺		1,5 mmol/L		
Solutés minéraux	anions	Cl ⁻	105 mmol/L	équilibre osmotique
		HCO ₃ ⁻	27 mmol/L	
		SO ₄ ²⁻	0,5 mmol/L	
		HPO ₄ ²⁻	8 mmol/L	
oligo-éléments	fer		constituant de l'hème de l'hémoglobine	
	iode		hormones thyroïdiennes	
	zinc		réactions enzymatiques	
	cuivre		constituant de certaines enzymes	
	fluor		constituant de l'émail des dents	
Solutés organiques	protéines	albumine	37 à 45 g/L	viscosité du sang, transport de molécules
		globulines	23 à 40 g/L	protection de l'organisme (ex : anticorps)
		fibrinogène	2 à 4 g/L	facteur de coagulation
	substances azotées non protéiques	0,3 g/L	urée, acide urique, créatinine = déchets du métabolisme	
	lipides	glucose	1g/L	substrat énergétique
triglycérides		3 g/L	substrats métaboliques	
hormones	cholestérol	2 g/L	constituant des hormones stéroïdes, des membranes cellulaires, de la gaine de myéline, de la bile	
	hormones	< 2mg/L	molécules informatives, régulation des fonctions	
	vitamines	< 25 mg/L	bon fonctionnement des organes	
Gaz respiratoires	O ₂	2 mL/L	substrat respiratoire	
	CO ₂	20 mL/L	déchet métabolique	

48

Thérapie Génique (pour les 6 étapes) :

= Optimisation du vecteur pour aboutir à un transfert optimal



<http://bioorga.u-strasbg.fr/behrl/PubliLaboAbs/PourlaScience.html>

Examen de Biopolymères Licence Professionnelle PIE

Lundi 20 mars 2023

Durée 1h30, documents non autorisés, calculatrice pas utile
!! Répondre directement sur l'énoncé en indiquant votre nom !!

Nom : _____ Prénom : _____

Partie 1: Polysaccharide (5 points)

Dessinez en structure de Haworth et en structure chaise la cellobiose : (β -D(1 \rightarrow 4)-glucopyranosyl- β -D-glucopyranose). On rappelle la structure linéaire du D-glucose.

Structure Haworth :



Structure chaise



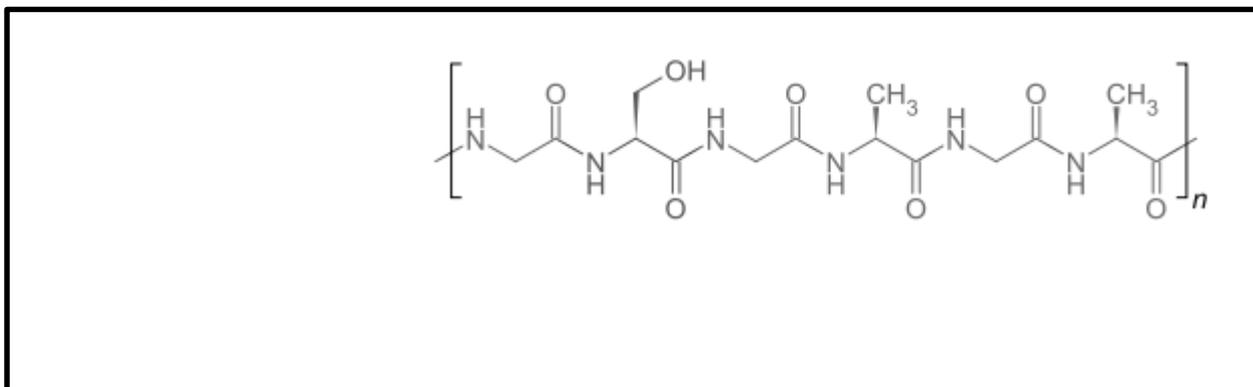
La cellobiose est-elle un sucre réducteur ? Justifier.



Partie 2: Polypeptides (4 points)

1. Dessiner la structure du peptide Glu-Lys-Val à pH 7. Donner sa charge globale.

2. Retrouvez la structure du monomère constituant la soie en code à 3 lettres. Donner sa charge globale à pH 7.



Partie 3: Biopolymères (5 points)

Pour chaque nom des composés listés ci-dessous vous attribuerez la structure chimique correspondante et l'origine naturelle du composé. Puis, vous donnerez les propriétés physico-chimiques correspondant à chaque composé (il peut y en avoir plusieurs par composé !) ainsi que les applications (idem). Les résultats seront regroupés dans le tableau récapitulatif en indiquant uniquement les codes numériques S1 ; O1 ; S12, P9, A4 etc....

Nom	Origine	Propriétés	Applications
D1. Alginate	O1. La carapace des crustacés / cuticule des insectes	P1. Soluble dans l'eau	A1. Limite la formation de paillettes dans les crèmes glacées
D2. Agarose	O2. Les graines et féculents	P2. Colorant	A2. Colle / adhésifs
D3. Cellulose	O3. Les feuilles et le bois des végétaux	P3. Complexant des cations divalents	A3. Restructurant pour les cheveux
D4. Méthylcellulose	O4. Les algues rouges	P4. Epaississant	A4. Epaississant/additif alimentaire
D5. ADN	O5. Noyau des cellules biologiques	P5. Immunosuppresseur	A5. Charge / réticulant biosourcée

Nom : _____ **Prénom :** _____

D6. Tannin	O6. Le pancréas	P6. Régule le taux de sucre dans le sang	A6. Pansement anti-bactérien
D7. Hemicellulose	O7. Les algues brunes (laminaires)	P7. Sucre réducteur	A7. Fabrication de microsystèmes analytiques (puces / Lab on a chip)
D8. Amylose	O8. Champignon microscopique	P8. Forme des hélices	A8. Gel en galénique
D9. Amylopectine		P9. Non digéré par l'homme	A9. Lutte contre le diabète
D10. Lignine		P10. Polycation	A10. Fabrication de Papier
D11. Cyclosporine (peptide cyclique)		P11. Polyanion	A11. Colorant
D12. Chitosan		P12. Complexe les ions iodures	A12. Support de cultures bactériennes
D13. Insuline			A13. Médicament antirejet (greffes)

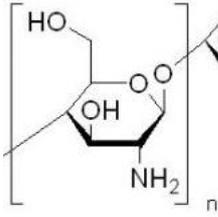
Nom	Structure	Origine	Propriétés	Applications
D1				
D2				
D3				
D4				
D5				
D6				
D7				
D8				
D9				
D10				
D11				
D12				
D13				

Partie 4: Complexes de polyélectrolytes (5 points)

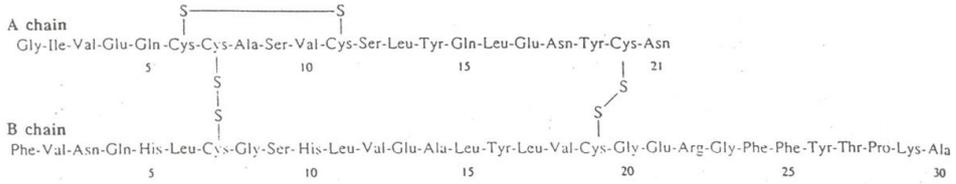
XXX



Structures chimiques :

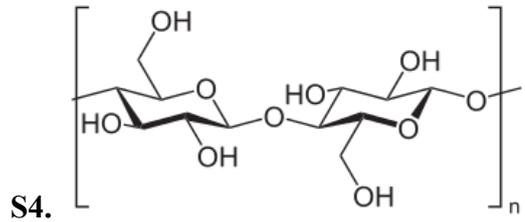
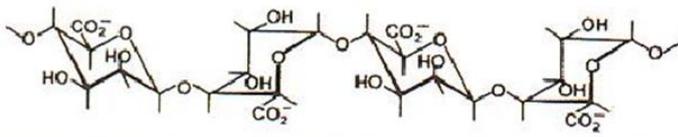


S1.



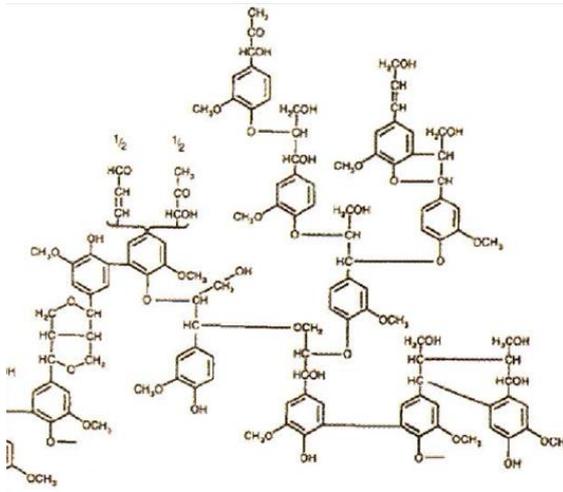
S2.

S3.

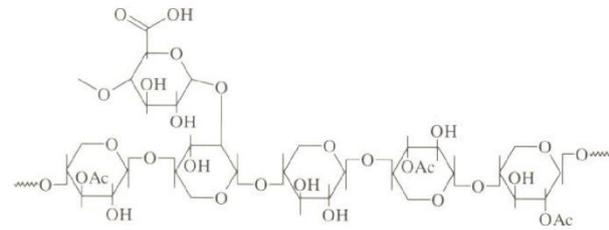


S4.

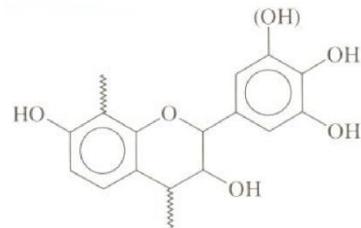
S5.



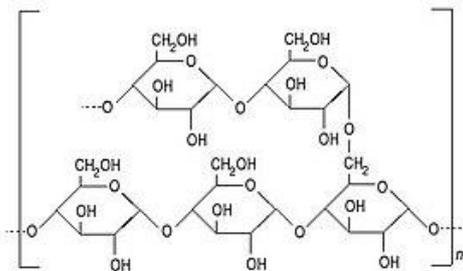
S6.



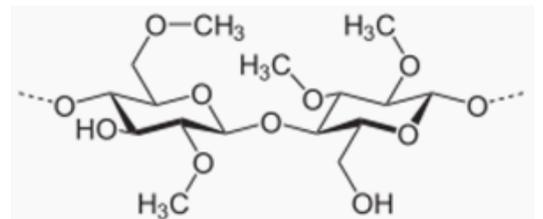
S7.

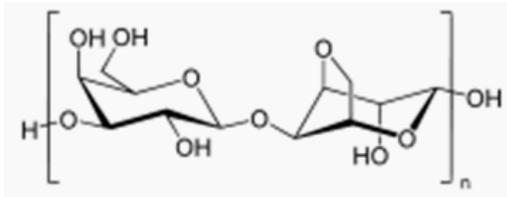


S8.

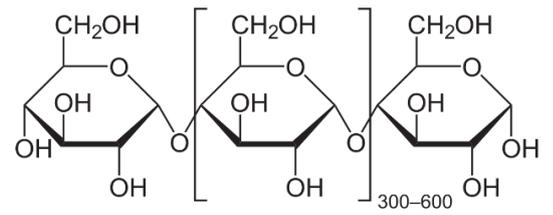


S9.

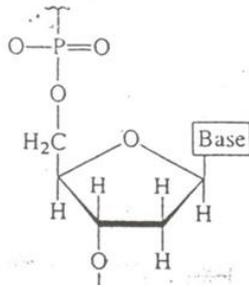




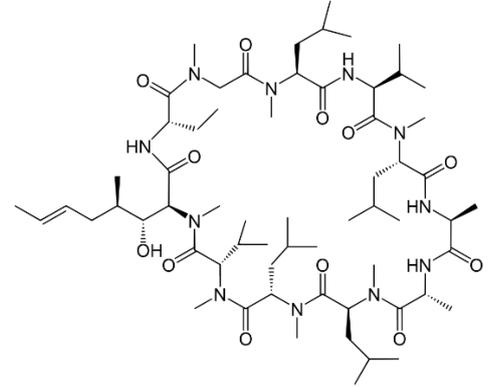
S11.



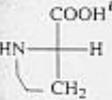
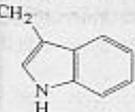
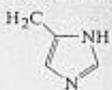
S10.



S13.



S12.

R	Name	Three-letter code	pK _a of COOH	pK _a of ⁺ NH ₃	pK _a of acidic function in R
H	Glycine	Gly	2.4	9.8	—
Alkyl group					
CH ₃	Alanine	Ala	2.4	9.9	—
CH(CH ₃) ₂	Valine ^a	Val	2.3	9.7	—
CH ₂ CH(CH ₃) ₂	Leucine ^a	Leu	2.3	9.7	—
CHCH ₂ CH ₃ (S)	Isoleucine ^a	Ile	2.3	9.7	—
CH ₃					
CH ₂ C ₆ H ₅	Phenylalanine ^a	Phe	2.6	9.2	—
	Proline	Pro	2.0	10.6	—
Hydroxy-containing					
CH ₂ OH	Serine	Ser	2.2	9.4	—
CHOH CH ₃	Threonine ^a	Thr	2.1	9.1	—
CH ₂ - 	Tyrosine	Tyr	2.2	9.1	10.1
Amino-containing					
CH ₂ C(=O)NH ₂	Asparagine	Asn	2.0	8.8	—
CH ₂ CH ₂ C(=O)NH ₂	Glutamine	Gln	2.2	9.1	—
(CH ₂) ₄ NH ₂	Lysine ^a	Lys	2.2	9.2	10.8 ^c
(CH ₂) ₃ NHC(=NH) ₂	Arginine	Arg	1.8	9.0	13.2 ^c
	Tryptophan ^a	Trp	2.4	9.4	—
<i>(continued)</i>					
Amino-containing (continued)					
	Histidine	His	1.8	9.2	6.1 ^c
Mercapto- or sulfide-containing					
CH ₂ SH	Cysteine ^d	Cys	1.9	10.3	8.4
CH ₂ CH ₂ SCH ₃	Methionine ^a	Met	2.2	9.3	—
Carboxy-containing					
CH ₂ COOH	Aspartic acid	Asp	2.0	10.0	3.9
CH ₂ CH ₂ COOH	Glutamic acid	Glu	2.1	10.0	4.3

a. Essential amino acids. b. Entire structure. c. pK_a of conjugate acid.
 d. The stereocenter is *R*, because the CH₂SH substituent has higher priority than the COOH group.

Enzyme	Site of cleavage
Trypsin	Lys, Arg, carboxy end
Clostripain	Arg, carboxy end
Chymotrypsin	Phe, Trp, Tyr, carboxy end
Pepsin	Asp, Glu, Leu, Phe, Trp, Tyr, carboxy end
Thermolysin	Leu, Ile, Val, amino end