

**I – Des molécules du vivant à la cellule : organisation fonctionnelle**  
**I – A Organisation fonctionnelle des molécules du vivant**

**Chapitre 5 : Les nucléotides et les acides nucléiques**

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles
<p>Les nucléotides sont des molécules organiques composées d'une base azotée purique ou pyrimidique et d'un pentose phosphorylé.</p> <p>Leur diversité est due à la nature de la base azotée. Ils forment des molécules de petite taille solubles et mobiles ou susceptibles de s'associer à des protéines.</p>	<p>- représenter l'organisation des nucléotides (pentose - phosphate - base azotée) ;</p> <p>- indiquer la distinction ribose / désoxyribose ;</p> <p>- représenter schématiquement ATP et NAD en liaison avec leur fonction d'intermédiaires du métabolisme ;</p> <p>La seule formule exigible est celle de l'ATP.</p>
<p>Les acides nucléiques sont des polymères séquencés de nucléotides. Vecteurs d'information, ils peuvent interagir avec des protéines.</p>	<p>- représenter schématiquement et commenter les structures de l'ADN et de l'ARN, les relier à leurs propriétés en relation avec les attendus des cours de génétique.</p>

Exemples de sujets de colles :

Les nucléotides/ Les nucléotides et leurs dérivés/ Les nucléotides à adénine et leurs dérivés/ Les biomolécules phosphatées\*/ Les acides nucléiques (on se limitera au cas des polymères)\*\*/ L'ADN, relation structure-fonction\*\*/ Les acides nucléiques : des vecteurs d'information\*\*/ Les rôles des ARN\*\*/ \*Voir aussi glucides et acides aminés et protéines \*\*Voir aussi cours IV-A Génomique structurale et fonctionnelle et I-C-2 Biosynthèses caractéristiques

**I) Les nucléotides : des molécules solubles de petite taille à rôles informationnels ou énergétiques**

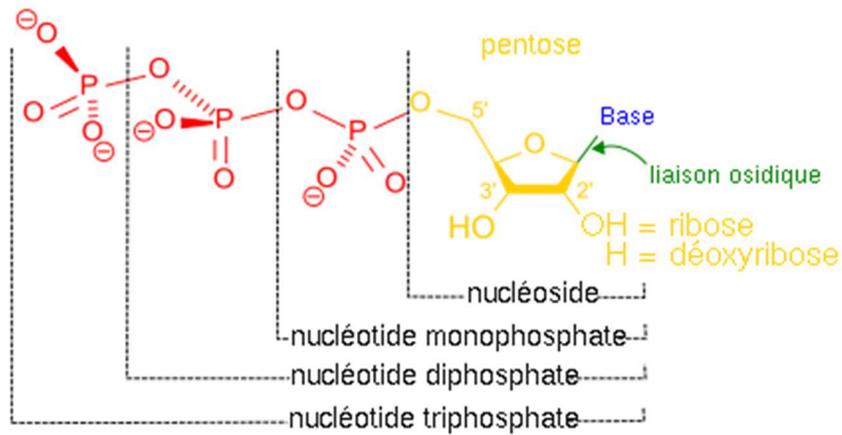
- 1) Le nucléotide : une base azotée reliée à un pentose phosphorylé
- 2) Les nucléotides peuvent s'associer à des protéines
- 3) Rôle de l'ATP dans le métabolisme : une monnaie énergétique
- 4) Rôles des coenzymes à adénine dans le métabolisme énergétique
- 5) Polymérisation des nucléotides et formation d'une liaison 3'5' phosphodiester

**II) La double hélice d'ADN, relation structure-fonction**

- 1) L'ADN : 2 chaînes de nucléotides complémentaires
- 2) Le message génétique est contenu dans la séquence nucléotidique
- 3) Des interactions acides nucléiques-protéines

**III) Les différents ARN, relation structure-fonction**

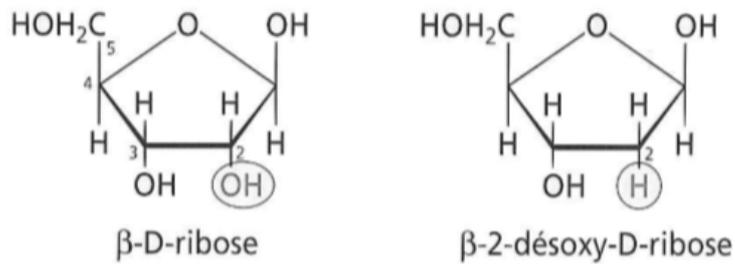
- 1) Les ARNm, des intermédiaires mobiles entre l'ADN et la synthèse protéique
- 2) Les ARNt transportent les acides aminés jusqu'au lieu de la traduction
- 3) Les ARNr catalysent la formation de la liaison peptidique



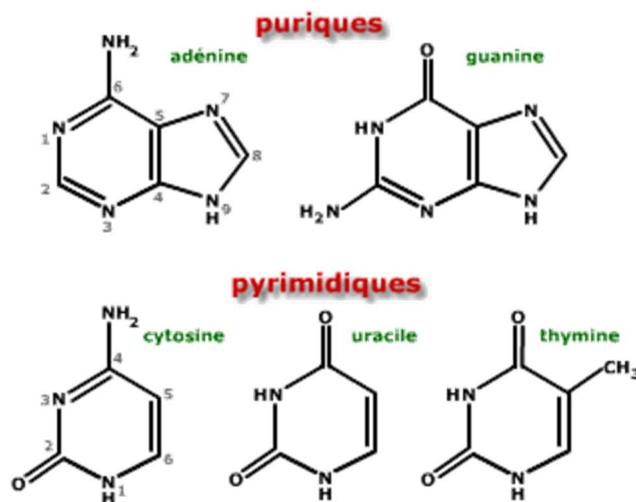
Doc1. Les différents nucléotides\*\*\*

<p>Adénine</p>	<p>Ribonucléoside à Adénosine</p>	<p>Désoxyribonucléoside à adénosine</p>	<p>Ribonucléotide à adénosine (= comme ceux des ARN)</p>	<p>Désoxyribonucléotide à adénosine (= comme ceux des ADN)</p>
----------------	-----------------------------------	---	--	--

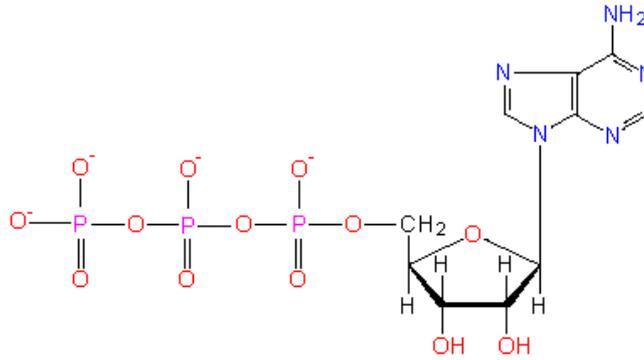
Doc2. Bases, nucléosides et nucléotides\*\*



Doc2'. Les pentoses constitutifs des nucléotides\*\*\*



Doc3. Les bases azotées des nucléotides\*\*



Doc4. L'ATP (adénosine tri phosphate)\*\*\*

**a- les résonances en compétition**

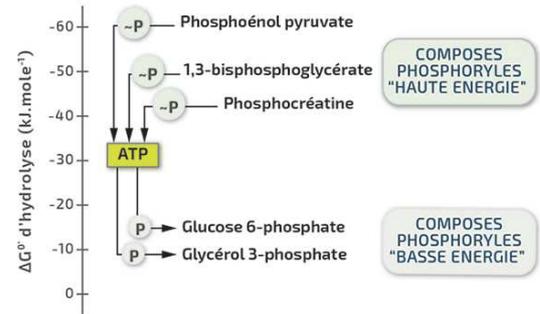
Les produits d'hydrolyse de l'ATP **2** ont une plus grande stabilité de résonance que l'ATP **1**. La stabilisation par résonances d'une liaison pyrophosphate est inférieure à celle de ses produits d'hydrolyse.

**b - la répulsion électrostatique**

La molécule d'ATP **1** porte 3 à 4 charges négatives qui se repoussent les unes les autres. La répulsion diminue lorsque l'ATP est hydrolysé **2**. L'effet déstabilisateur plus important des forces de répulsion électrostatiques des groupes chargés d'un pyrophosphate comparé à celui des produits d'hydrolyse.

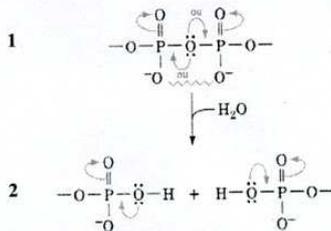
**c - la solvation défavorable**

L'énergie de solvation d'un pyrophosphate est inférieure à celle des produits d'hydrolyse. D'après de certains calculs, ceci représente le facteur le plus important.



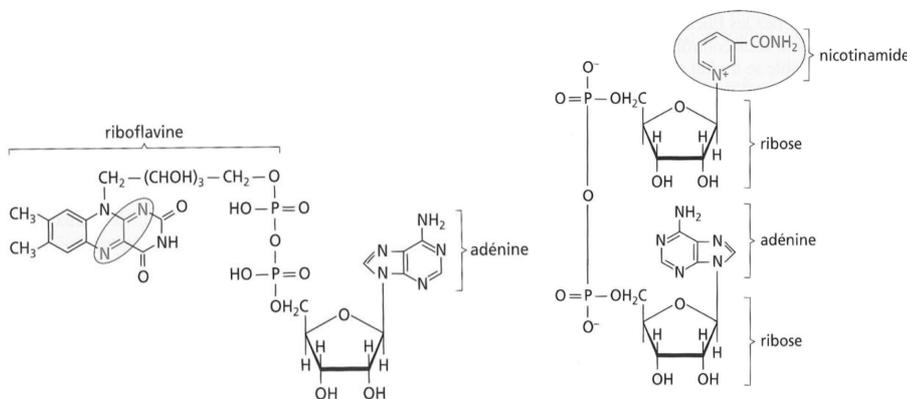
FLUX DES GROUPES PHOSPHORYLES DES DONNEURS "HAUTE ENERGIE" VERS LES ACCEPTEURS "BASSE ENERGIE" VIA LE SYSTEME ATP-ADP.

Doc 4''. Quelques exemples de ΔrG°' d'hydrolyse.



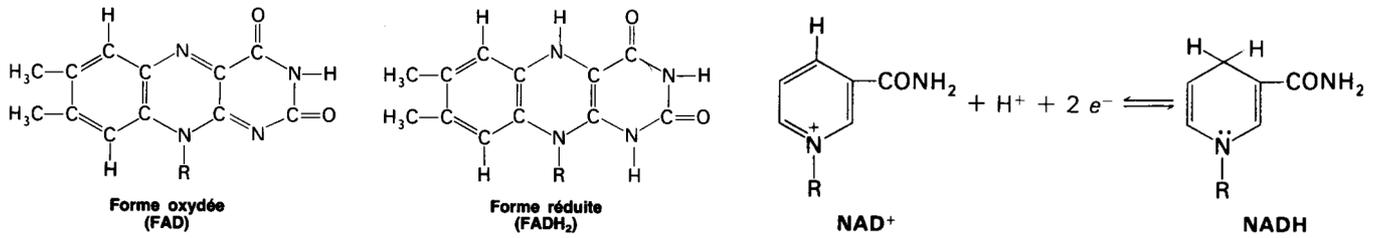
De plus, l'ATP est particulièrement stable par rapport à l'hydrolyse dans un milieu aqueux. Son énergie d'activation est particulièrement élevée. Par conséquent, l'ATP est stable dans les conditions physiologiques, alors qu'il est rapidement hydrolysé dans les réactions enzymatiques.

Doc 4'. La liaison phospho-anhydre présente une hydrolyse thermodynamiquement favorable : quelques éléments d'explication. A comprendre, et savoir redonner une des explications.\*\*

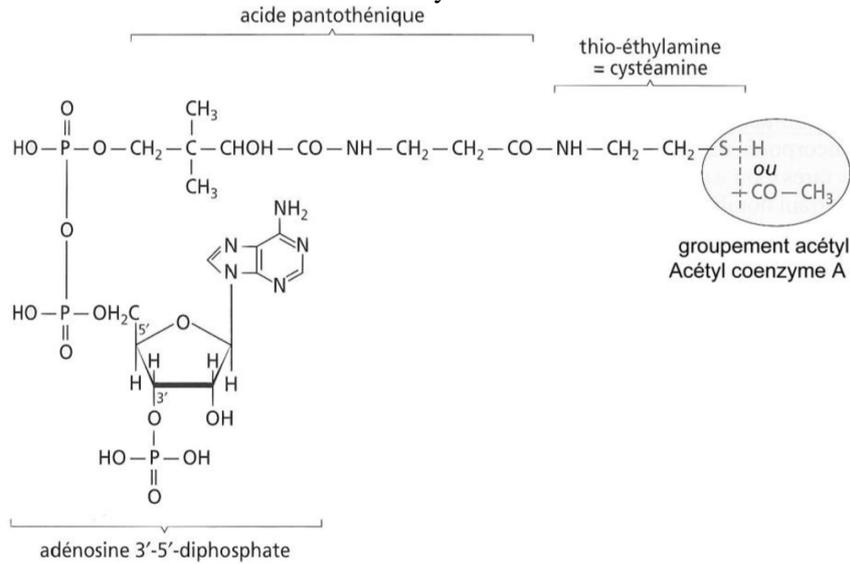


Les deux principaux coenzymes d'oxydoréduction sont le NAD (nicotinamide adénine dinucléotide) qui forme le couple **NAD<sup>+</sup>/NADH,H<sup>+</sup>** (le NAD peut être phosphorylé, on a alors le couple **NADP<sup>+</sup>/NADPH,H<sup>+</sup>**) et le FAD (flavine adénine dinucléotide) qui forme le couple **FAD<sup>+</sup>/FADH<sub>2</sub>**. *Riboflavine* : Vitamine B2 aussi à l'origine d'un autre coenzymes d'ox., le FMN

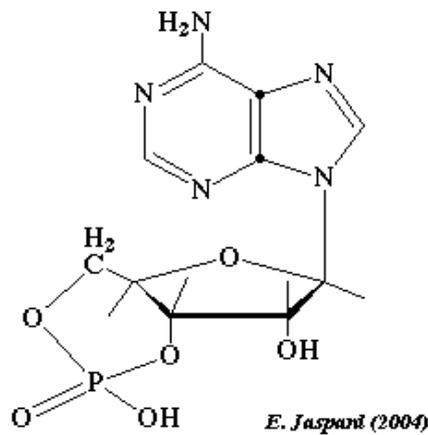
Doc5. Le FAD (Flavine Adénine Dinucléotide), forme oxydée\* Doc6. Le NAD (Nicotinamide Adénine Dinucléotide), oxydé\*



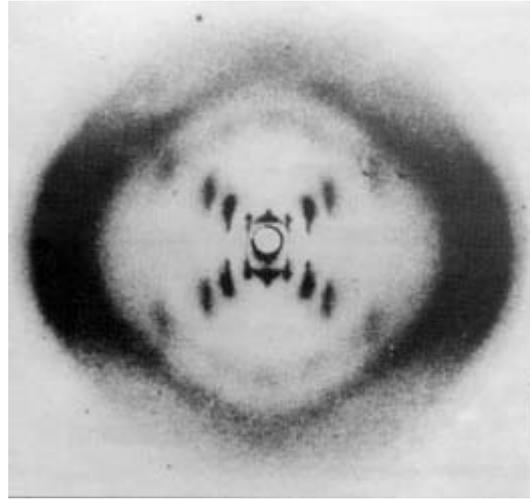
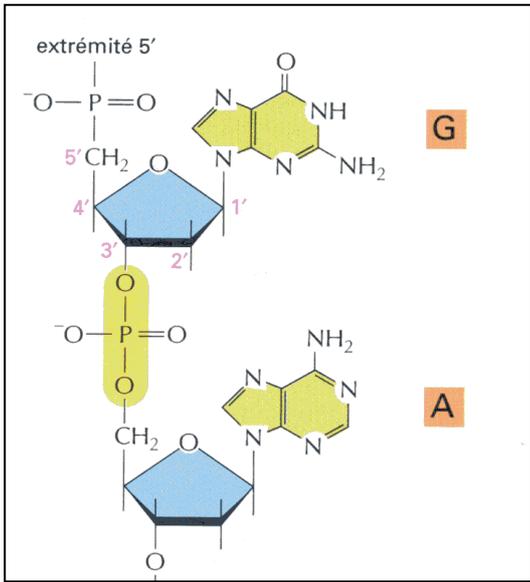
Doc7. Formes réduites et oxydées du NAD et du FAD\*\*



Doc8. Le coenzyme A, un coenzyme essentiel des voies métaboliques\* (sa fabrication fait notamment intervenir la vitamine B5 – acide pantothénique)

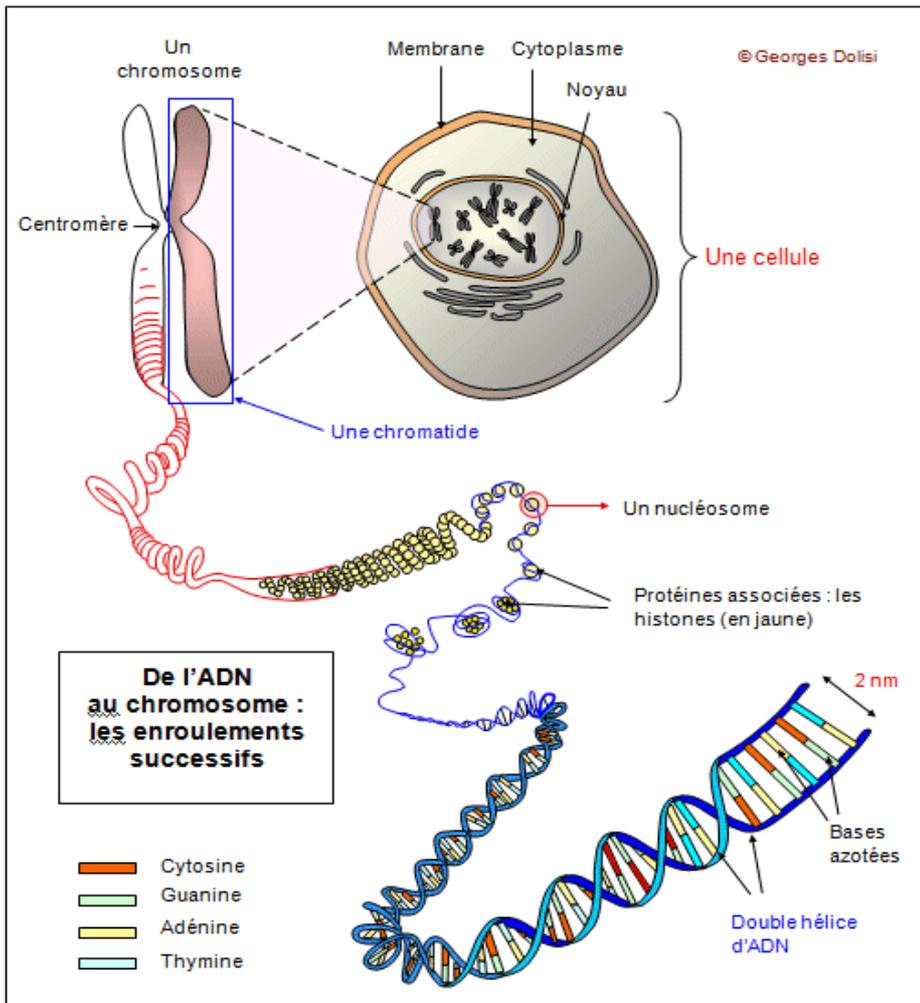


Doc9. L'AMP cyclique, un intermédiaire de la communication cellulaire\*

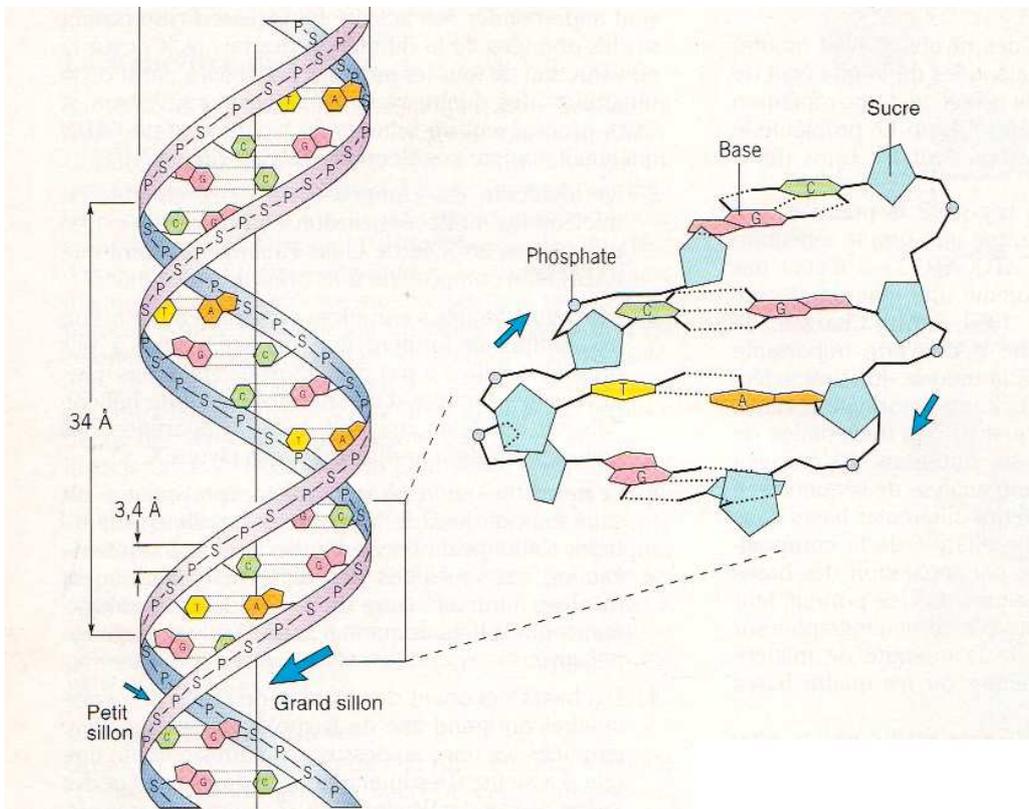


Doc10. La liaison 3'5' phosphodiester entre deux nucléotides au sein d'un ARN\*\*\*

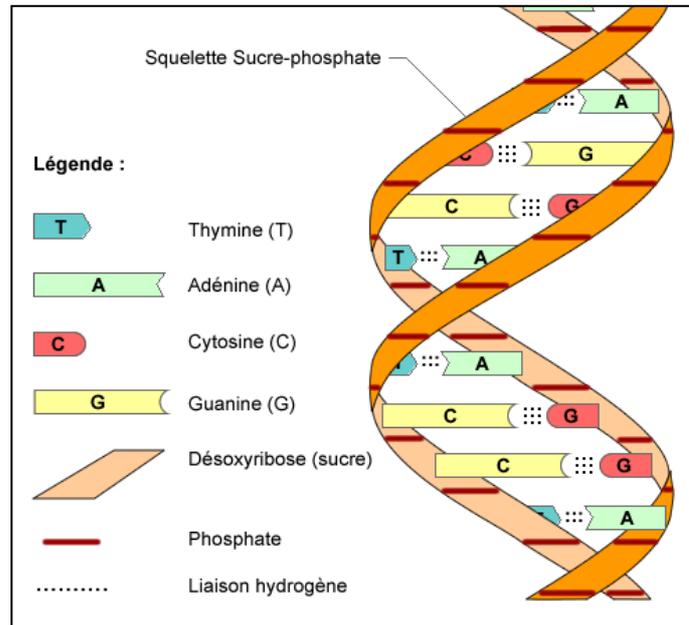
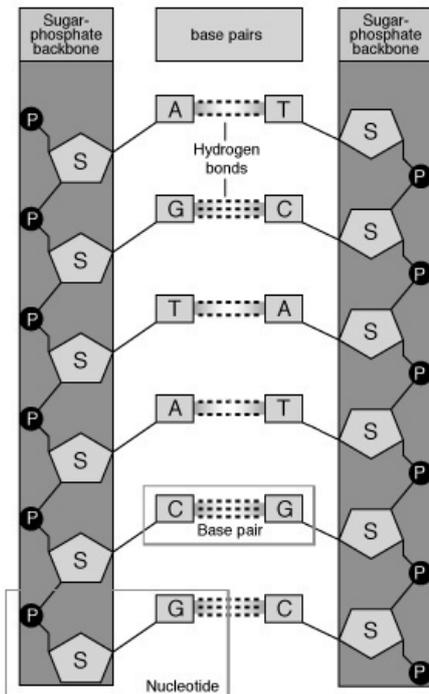
Doc11. Diffractogramme de la molécule d'ADN\*



Doc12. L'ADN nucléaire est compacté en chromosomes dans une cellule eucaryote\*\*



Doc12'. La double hélice d'ADN\*\*\*

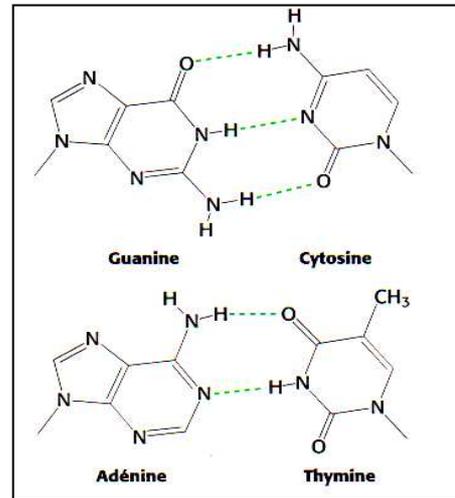


Doc13. Représentation déroulée ou non de la double hélice d'ADN\*\*\*

Espèce	A / T	G / C	A / G
Homme	1,00	1,00	1,56
Saumon	1,02	1,02	1,43
Blé	1,00	0,97	1,22
Levure	1,03	1,02	1,67
Escherichia coli	1,09	0,99	1,05

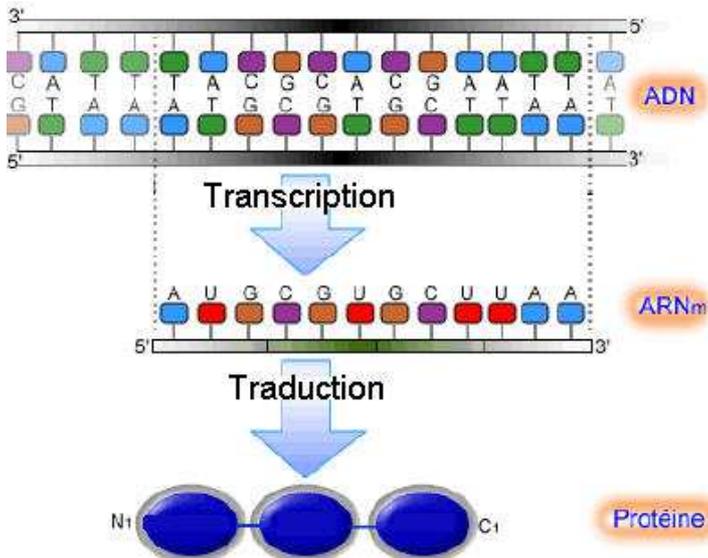
Doc14. Quantités relatives des 4 types de nucléotides chez différentes espèces et conclusion de Chargaff !\*\*

Aussi rapports  $A+G/T+C = 1$  et  $A+T/C+G$  différent de 1 et caractéristique de la molécule d'ADN



<i>Quelques caractéristiques des structures des ADN.</i>			
Propriétés	ADN A	ADN B (Watson-Crick)	ADN Z
Sens de rotation	droit	droit	gauche
Rotation par paire de bases	33°	36°	30°
Pas de l'hélice	2.4 nm	3.4 nm	4.6 nm
Inclinaison des bases	19°	1°	9°
Diamètre de l'hélice	2,55 nm (plus large)	2,37 nm	1,84 nm (plus allongée)

Doc14'. Trois formes d'ADN



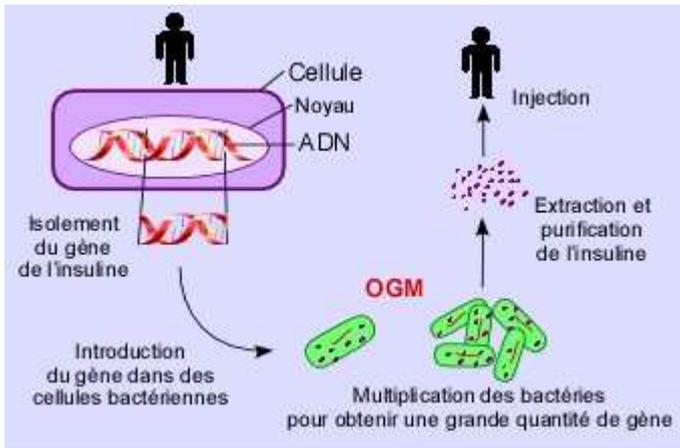
**Le code génétique au niveau de l'ARN<sub>m</sub>.**

1 <sup>er</sup> nucléotide (en 5')	2 <sup>e</sup> nucléotide				3 <sup>e</sup> nucléotide (en 3')
	U	C	A	G	
<b>U</b>	Phe:F Phe:F Leu:L Leu:L	Ser:S Ser:S Ser:S Ser:S	Tyr:Y Tyr:Y STOP STOP	Cys:C Cys:C STOP Trp:W	U C A G
<b>C</b>	Leu:L Leu:L Leu:L Leu:L	Pro:P Pro:P Pro:P Pro:P	His:H His:H Gln:Q Gln:Q	Arg:R Arg:R Arg:R Arg:R	U C A G
<b>A</b>	Ile:I Ile:I Ile:I Met:M	Thr:T Thr:T Thr:T Thr:T	Asn:N Asn:N Lys:K Lys:K	Ser:S Ser:S Arg:R Arg:R	U C A G
<b>G</b>	Val:V Val:V Val:V Val:V	Ala:A Ala:A Ala:A Ala:A	Asp:D Asp:D Glu:E Glu:E	Gly:G Gly:G Gly:G Gly:G	U C A G

Doc15. Transcription et traduction\*\*

En médecine, les OGM sont utilisés d'une part pour fabriquer des modèles animaux à l'étude de maladies humaines, et d'autre part pour produire en grande quantité des molécules utiles que l'industrie pharmaceutique ne sait pas produire, telles que les hormones de croissance, l'insuline, des protéines allergènes ayant l'effet du vaccin...

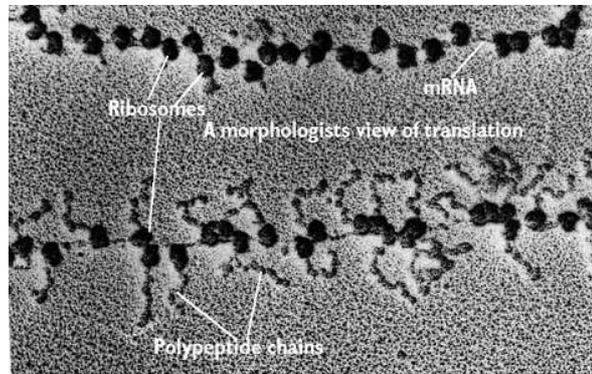
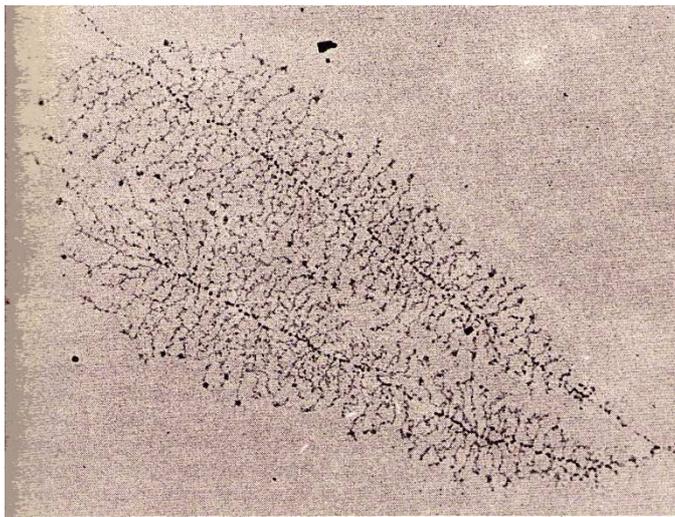
Doc16. Le code génétique\*\*



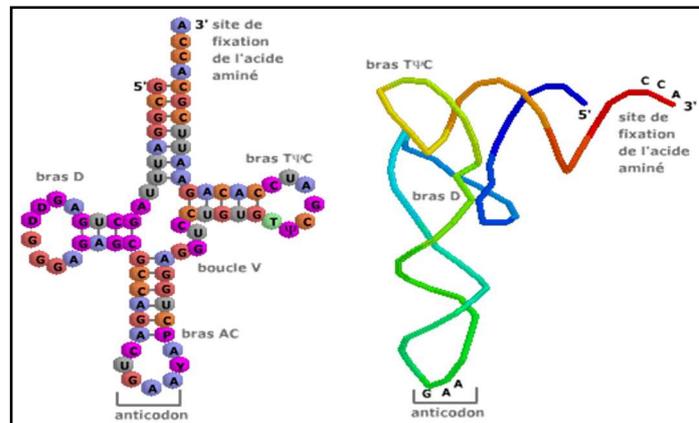
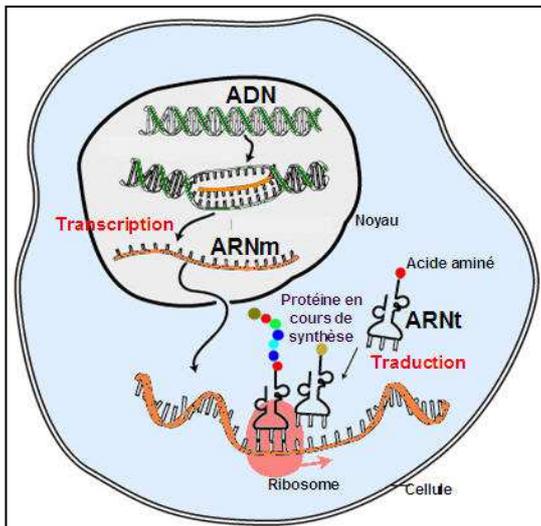
Exemple de l'insuline (produite ainsi depuis 1981): L'insuline est une hormone dont le rôle est de faire passer le sucre du sang dans les tissus, et dont une déficience provoque le diabète. Le gène humain codant la fabrication de l'insuline a été isolé et introduit dans des bactéries. Celles-ci sont capables, en raison de **l'universalité du code génétique**, de traduire ce gène et de produire l'insuline humaine. Elles sont cultivées à grande échelle par l'industrie pharmaceutique pour obtenir de grandes quantités d'insuline. L'hormone est ensuite extraite, purifiée puis injectée aux patients atteints d'une insuffisance en insuline.

Doc17. La transgénèse prouve l'universalité du code

génétique\*\*

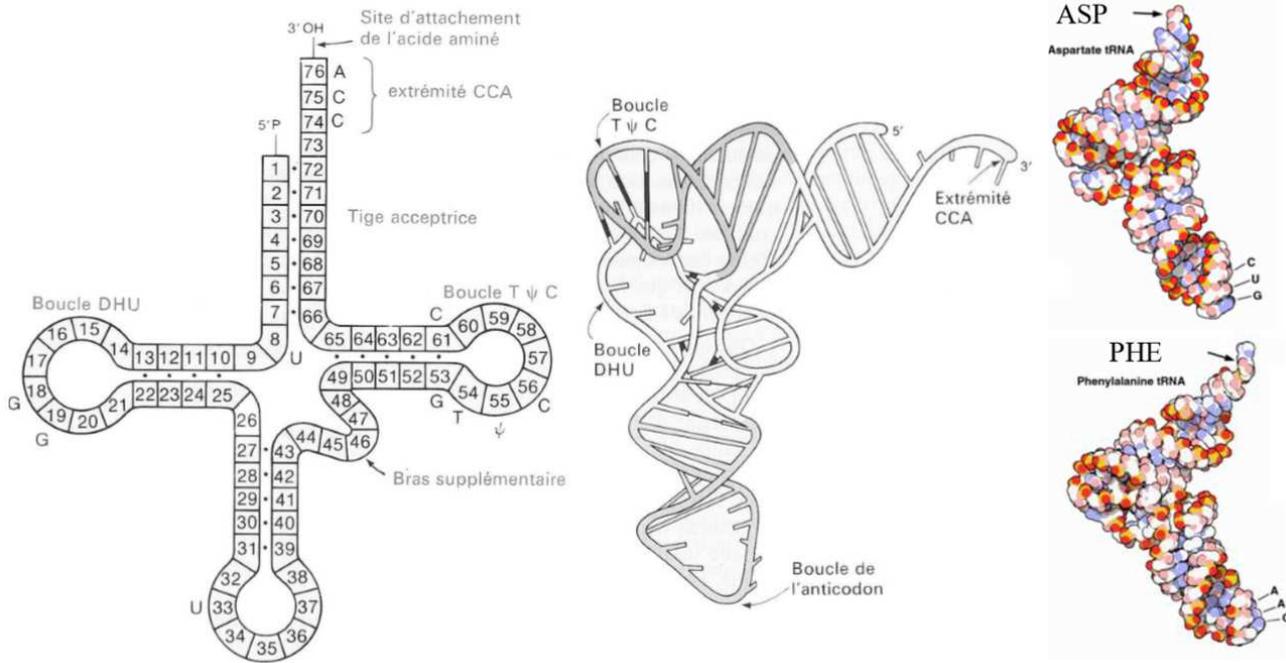


Doc18. Electronographie de transcription (gauche) et de traduction (droite)\*



Doc19. Un ARNt apporte l'AA sur le lieu de la traduction\*\*

Doc20. Coopération fonctionnelle dans l'expression génétique\*\*\*



Doc21. **Structure secondaire** (à gauche) et **structure tertiaire** (ou tridimensionnelle – les trois molécules de droite) d'un ARNt\*\*

Les ARNr sont les constituants des **ribosomes**, en association avec des protéines (2/3 ARNr, 1/3 protéines). Les ribosomes sont formés de **deux sous-unités**, qui ne s'associent qu'au moment de la traduction (donc en présence d'un ARNm). Le ribosome est une structure de **grande taille** (environ 20 nm), présent en un très grand nombre d'exemplaires dans une cellule (environ 20 000 dans une bactérie comme *E. coli*). Quoique assez proches, on peut noter des différences entre les ribosomes cytosoliques des eucaryotes et les ribosomes des procaryotes (et des organites semi-autonomes), au niveau des protéines présentes en particulier :

Les Ribosomes			
	Procaryotes	Eucaryotes	Rôles principaux
<i>Coeff. de sédimentation</i>	<b>70 S</b>	<b>80 S</b>	
<b>Grande sous-unité</b>	<b>50 S</b> 34 Protéines ARNr <b>23S</b> , ARNr <b>5S</b>	<b>60 S</b> 49 protéines ARNr <b>28S</b> , ARNr <b>5,8S</b> , ARNr <b>5S</b>	Association entre les AA-ARNt et l'ARNm ; formation des liaisons peptidiques (activité ribozyme de l'ARNr 23S ou 28S)
<b>Petite sous-unité</b>	<b>30 S</b> 21 Protéines ARNr <b>16S</b>	<b>40 S</b> 33 protéines ARNr <b>18S</b>	Association initiale à l'ARNm

La synthèse des ribosomes se déroule, chez les eucaryotes, au niveau du **nucléole**.

Doc22. Les ribosomes\*\*