

# ADN, ARN & Protéines

*5GT SB FWB*

*A.R. d'Esneux*

*Maître de Stage: Sylvie Bossrez*

*Stagiaire: Pierre LECOCQ*

Important!

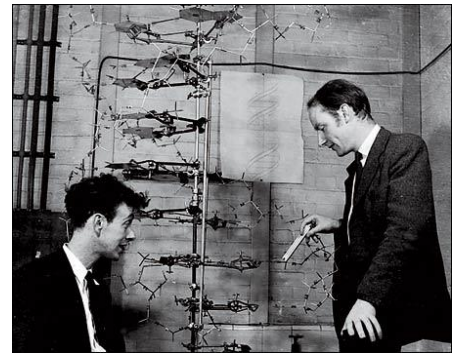
Les leçons seront publiées intégralement **APRES** avoir été données, sur le site WEB et lien suivant:

[http://ngyx.eu/homepage/AESS/PrepasStages/Biologie/ar\\_esneux\\_jan2015/index.html](http://ngyx.eu/homepage/AESS/PrepasStages/Biologie/ar_esneux_jan2015/index.html)

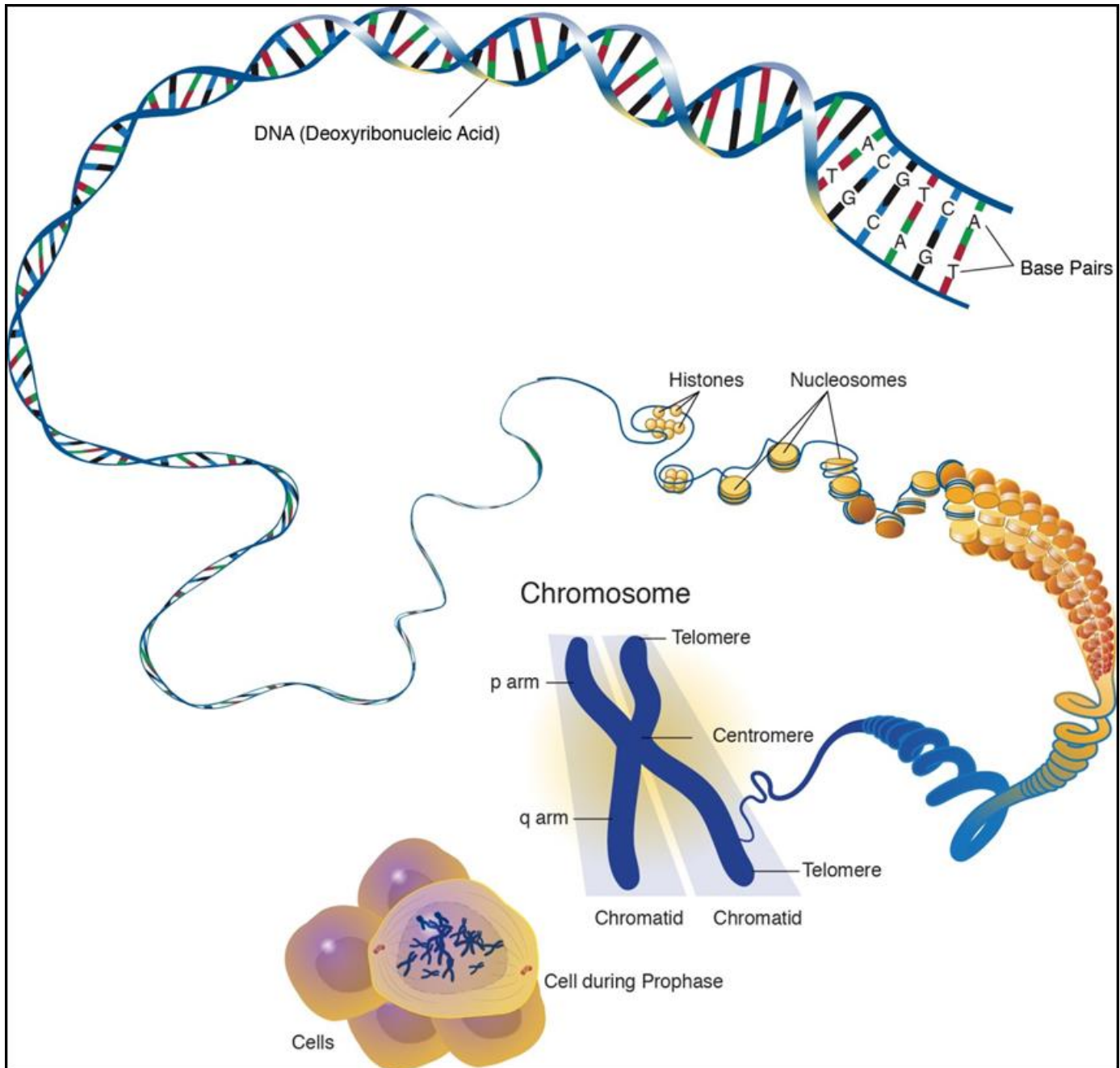
Vous avez donc tout intérêt même si le support sera fourni, à être attentif et prendre des notes dès maintenant...

# L'ADN ??? (1/2)

- Révision des acquis...
- En savoir un petit peu plus...



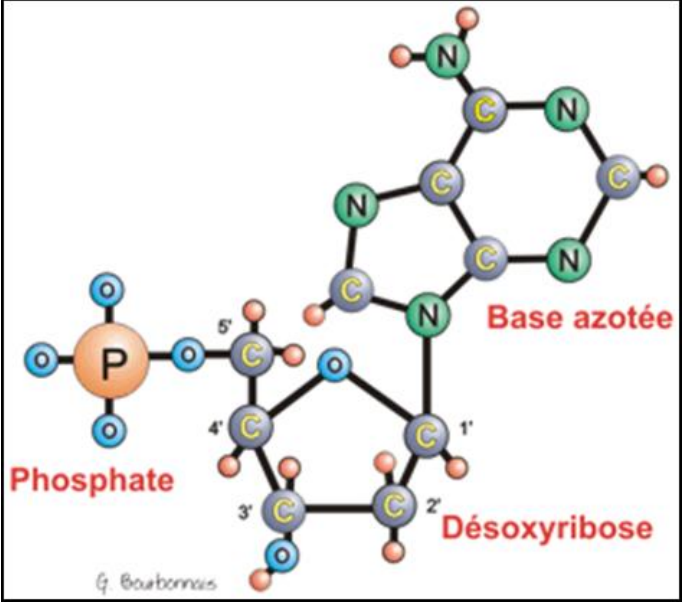
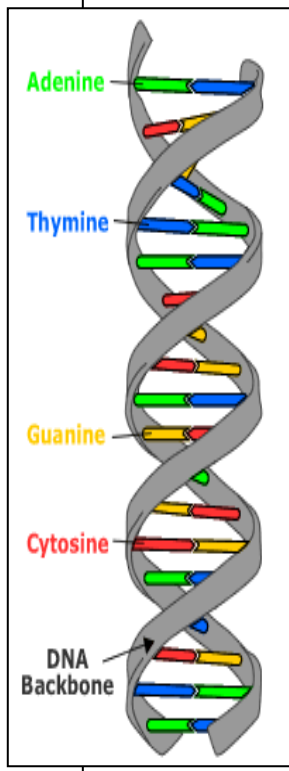
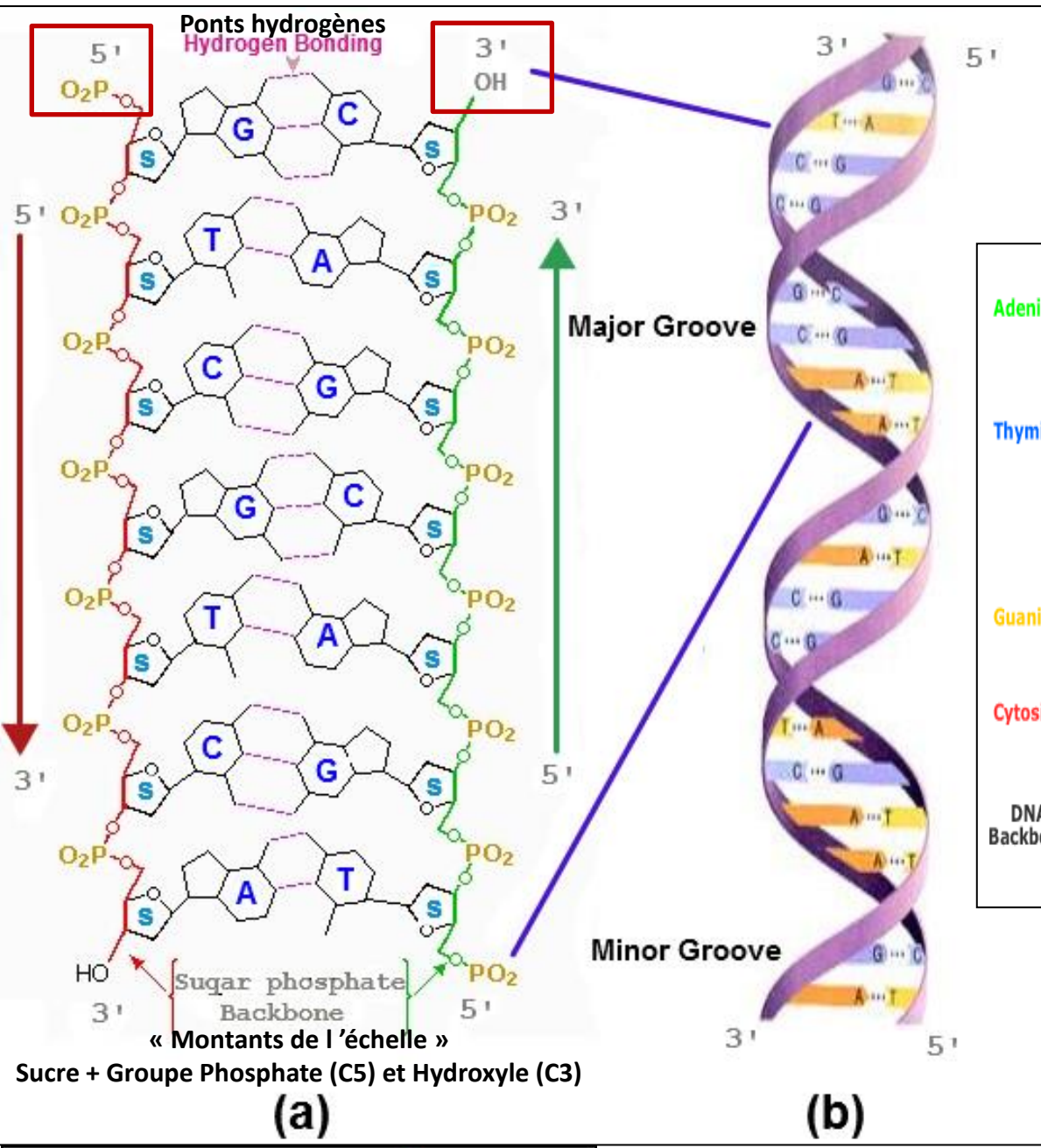
*Watson & Crick. Premier modèle de l'ADN. Cambridge UK 1953!*



Une grande échelle enroulée sur elle-même (« double hélice ») et puis grâce à des protéines super-enroulée et « compactée »

# L'ADN ??? (2/2)

C3 ou C5 « libre »



# Organisation de l'ADN (1/5)

## 1. Gènes et Génome.

« Tu as les tâches de rousseur de ta mère et les yeux bleus de ton père ! »

Les enfants héritent de **caractères** de leurs parents. Des **informations** sont transmises d'une génération à la suivante **via l'ADN**.

Un **gène** est un fragment d'ADN qui constitue une **unité héréditaire**.

Les dizaines de milliers de gènes que nous recevons de nos parents constituent notre **génom**e = l'ensemble des molécules d'ADN (46 molécules chez l'homme).

**Attention:** Gène ≠ Caractère = Propriété transmise héréditairement (variable ou non d'un individu à l'autre). Cette propriété peut requérir plusieurs gènes.

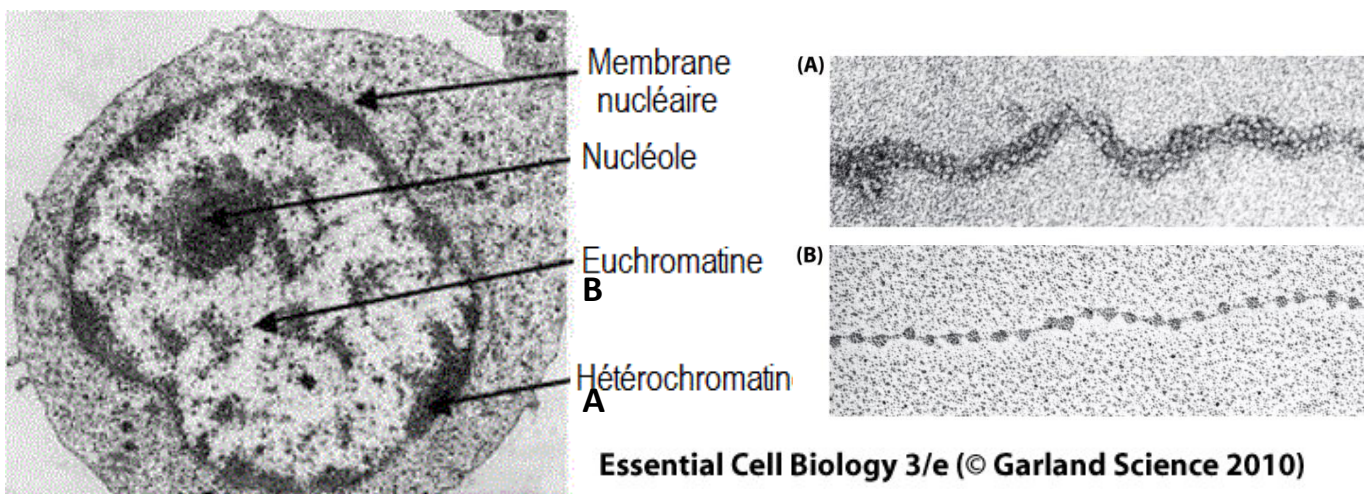
Pour rappel: l'ADN est une succession, un enchaînement de Nucléotides, plus spécifiquement 4 et seulement 4 types de nucléotides (bases azotées): Adénine, Guanine, Cytosine et Thymine. (rappel: structure double brin)

Donc l'information héréditaire contenue dans les gènes / le génome est présente sous forme d'un **langage codé**= 5' ACGTCGATGCAGC... 3' (séquence d'ADN) propre à chaque gène.

Les gènes vont donc être décodés (via l'ARN) pour programmer les cellules, programmation qui résulte dans la plupart des cas de la synthèse de protéines, d'enzymes dont l'effet cumulatif produit les caractères héréditaires.

## 2. Chromatine et Chromosomes.

L'ADN contenant nos gènes est principalement localisé à l'intérieur du noyau, associé à des protéines diverses (2 catégories: Histones et Non-Histones) formant une matière fibreuse et plus ou moins diffuse appelée **chromatine**.



Figures 1 & 2

# Organisation de l'ADN (2/5)

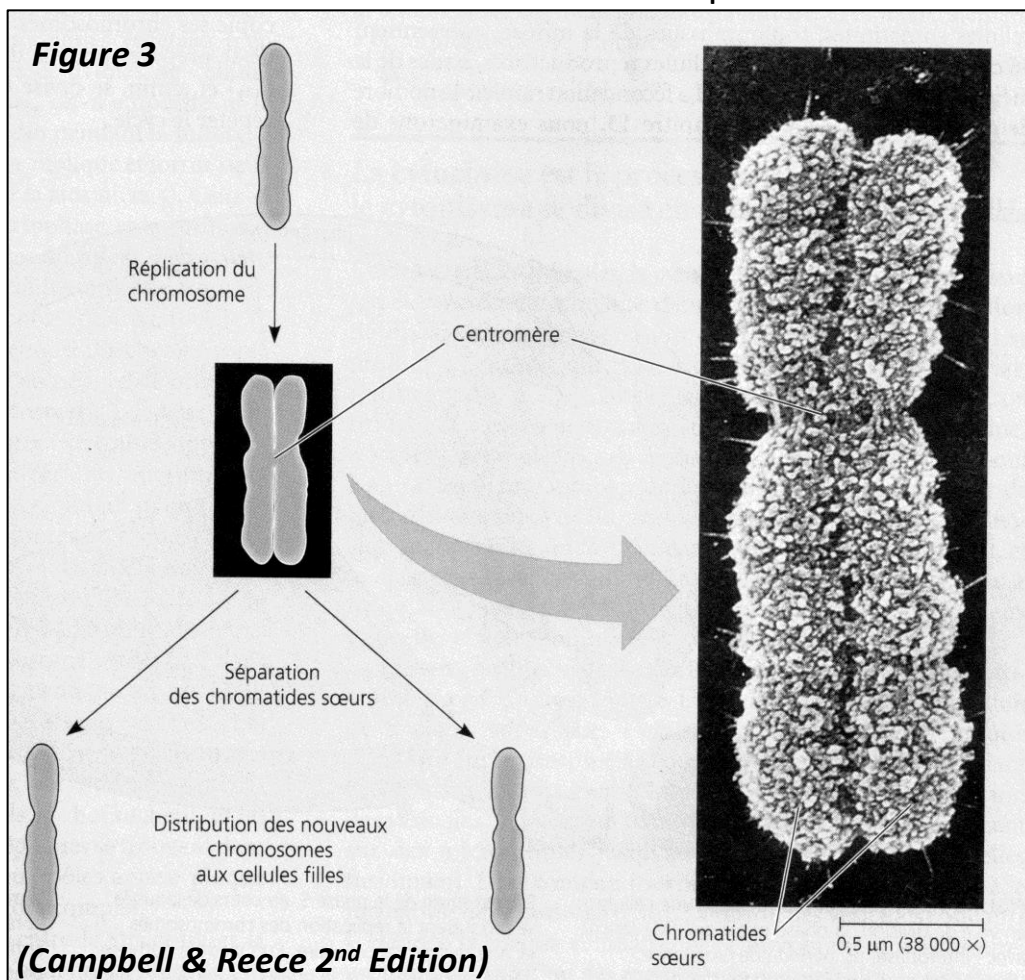
## 2. Chromatine et Chromosomes (suite)

On distingue l'**Hétérochromatine** relativement dense de l'**Euchromatine** plus diffuse généralement associée à une grande activité des gènes.

Et lorsque la cellule **se prépare à se diviser** pour se reproduire les minces fibres de chromatine se condensent, s'épaississent pour former des structures distinctes: **les chromosomes**.

Les chromosomes sont donc constitués d'ADN et de protéines. Chaque espèce possède un nombre précis de chromosomes, nombre qui est propre à l'espèce (Homme: **23 paires** de chromosomes soit **46 chromosomes**). Chaque chromosome contient des centaines, des milliers de gènes situés en **des points bien précis de la molécule d'ADN**.

Chaque chromosome est constitué de deux brins (les **chromatides sœurs**) liés en un point appelé le **centromère** (voir figure 3 ci-dessous). Les chromosomes à l'état condensé ne sont pas longs par rapport à la quantité d'ADN qu'ils contiennent: déroulé l'ADN d'une chromatide mesurerait 6-8 cm, soit des milliers de fois plus grand que la taille du noyau. La molécule d'ADN est donc enroulée de manière très complexe.



# Organisation de l'ADN (3/5)

## 2. Chromatine et Chromosomes (suite)

La figure 4 ci-dessous représente très schématiquement la complexité de cet enroulement de la molécule d'ADN combinée à diverses protéines.

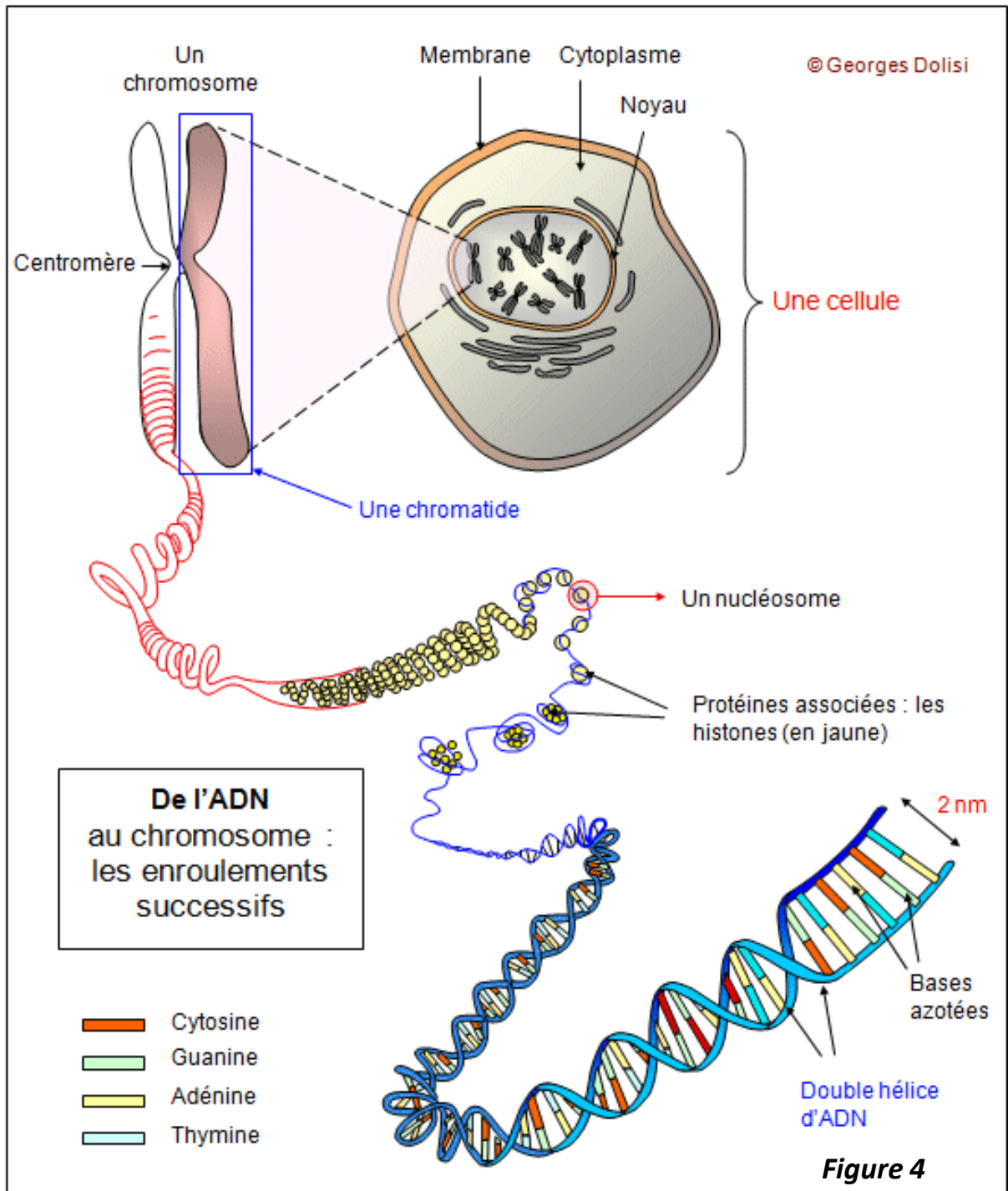


Figure 4

La figure 5 page suivante représente (schémas; partie de gauche) et montre (photos au microscope électronique; partie de droite;) en détails les 4 niveaux d'enroulements/associations avec des protéines conduisant à cet état d'extrême condensation de l'ADN.

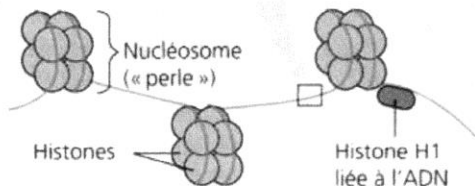
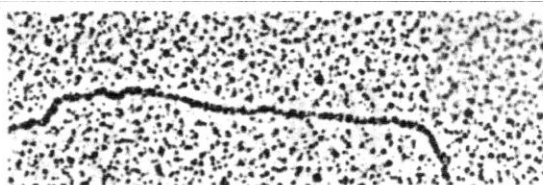
# Organisation de l'ADN (4/5)

## 2. Chromatine et Chromosomes (suite)



Double hélice d'ADN

2 nm

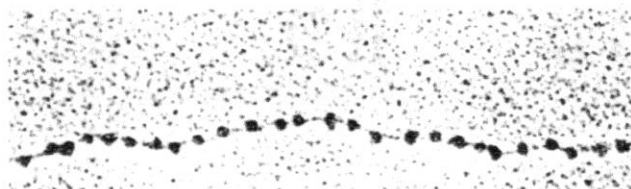


Nucléosome  
« perle »

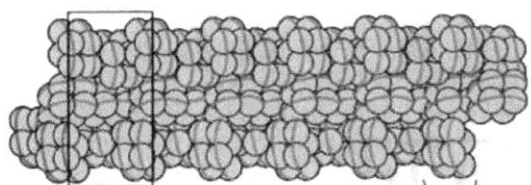
Histones

Histone H1  
liée à l'ADN

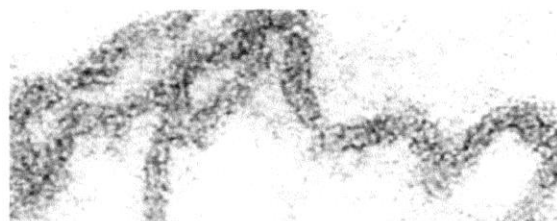
10 nm



**(a) Nucléosomes.** L'ADN associé à des molécules d'histones (protéines) forme un « collier de perles » constitué de nucléosomes déployés. Chaque nucléosome est un octamère constitué de deux molécules de chacun des quatre types d'histones suivants, H2A, H2B, H3 et H4, autour desquelles l'ADN est enroulé. Un cinquième type d'histone, appelée H1, peut se lier à l'ADN à côté d'une « perle ».



30 nm



Nucléosome

**(b) Fibre de chromatine de 30 nm.** Avec la contribution de l'histone H1, la chaîne de nucléosomes s'enroule de façon à former une fibre de chromatine, dont le diamètre est de 30 nm.

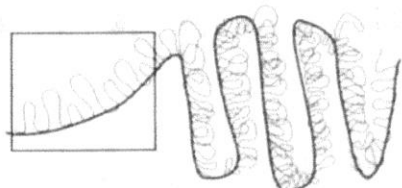


Armature  
de protéines

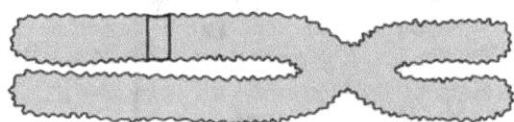
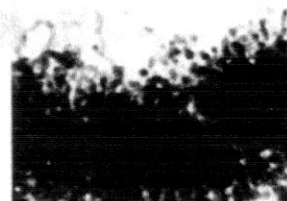
300 nm



**(c) Domaines en boucle.** On voit ici les domaines en boucle de la fibre de 30 nm. Les boucles sont liées à une armature de protéines différentes des histones.



700 nm



1 400 nm



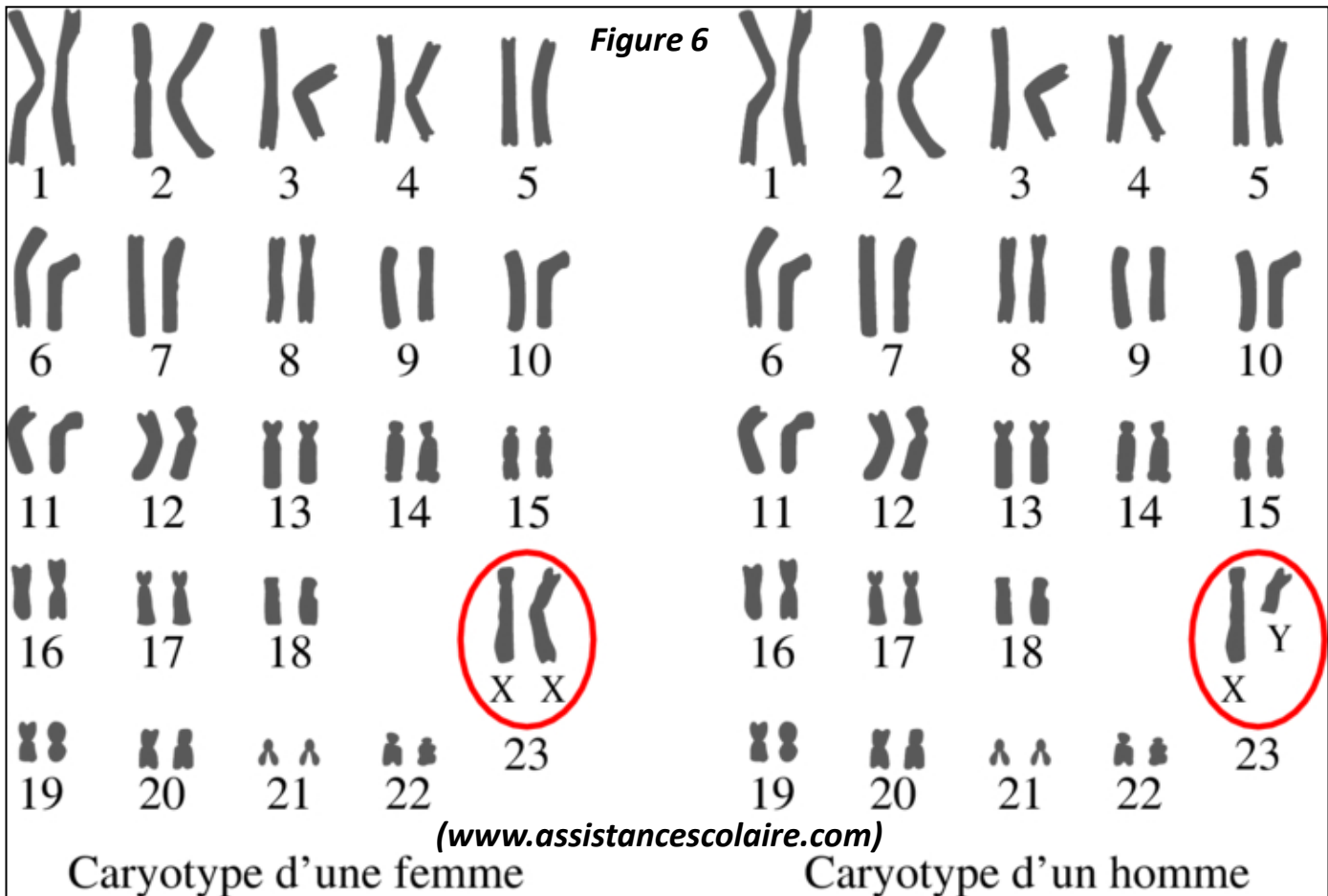
**(d) Chromosome métaphasique.** La chromatine continue de se replier jusqu'à ce que le chromosome atteigne sa forme la plus compacte, telle qu'on l'observe à la métaphase. (Souvenez-vous que chaque chromosome métaphasique est constitué de deux chromatides sœurs.)

Figure 5

# Organisation de l'ADN (5/5)

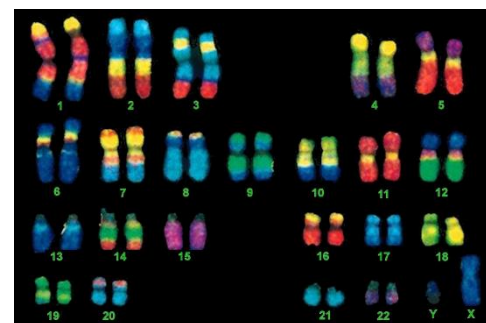
## 3. Le caryotype.

Le caryotype est l'**arrangement standard** de l'ensemble des chromosomes d'une cellule, à partir d'une **prise de vue microscopique**. Les chromosomes sont photographiés et disposés selon un format standard : **par paire et classés par taille**, et **par position du centromère**. On réalise des caryotypes dans le but de détecter des aberrations chromosomiques (telles que la **trisomie 21**) ou d'identifier certains aspects du génome de l'individu, comme le sexe (XX ou XY; figure 6 ci-dessous).



Les chromosomes qui forment une paire sont dits **chromosomes homologues**. Ils portent les gènes qui déterminent les **mêmes caractères héréditaires**. Dans les cellules somatiques (non sexuelles) comme on le constate dans la figure 6, il y a cependant **une exception**: **Les chromosomes X et Y** qui vont déterminer le sexe de l'individu.

Notons que les cellules reproductrices (gamètes; spermatozoïdes ou ovules) ne comportent qu'un seul des 2 chromosomes homologues de chaque paire. C'est donc le spermatozoïde parental qui selon qu'il possèdera le chromosome X ou le chromosome Y déterminera le sexe de l'enfant.



*Un caryotype (humain) colorés à l'aide de « sondes spécifiques »*

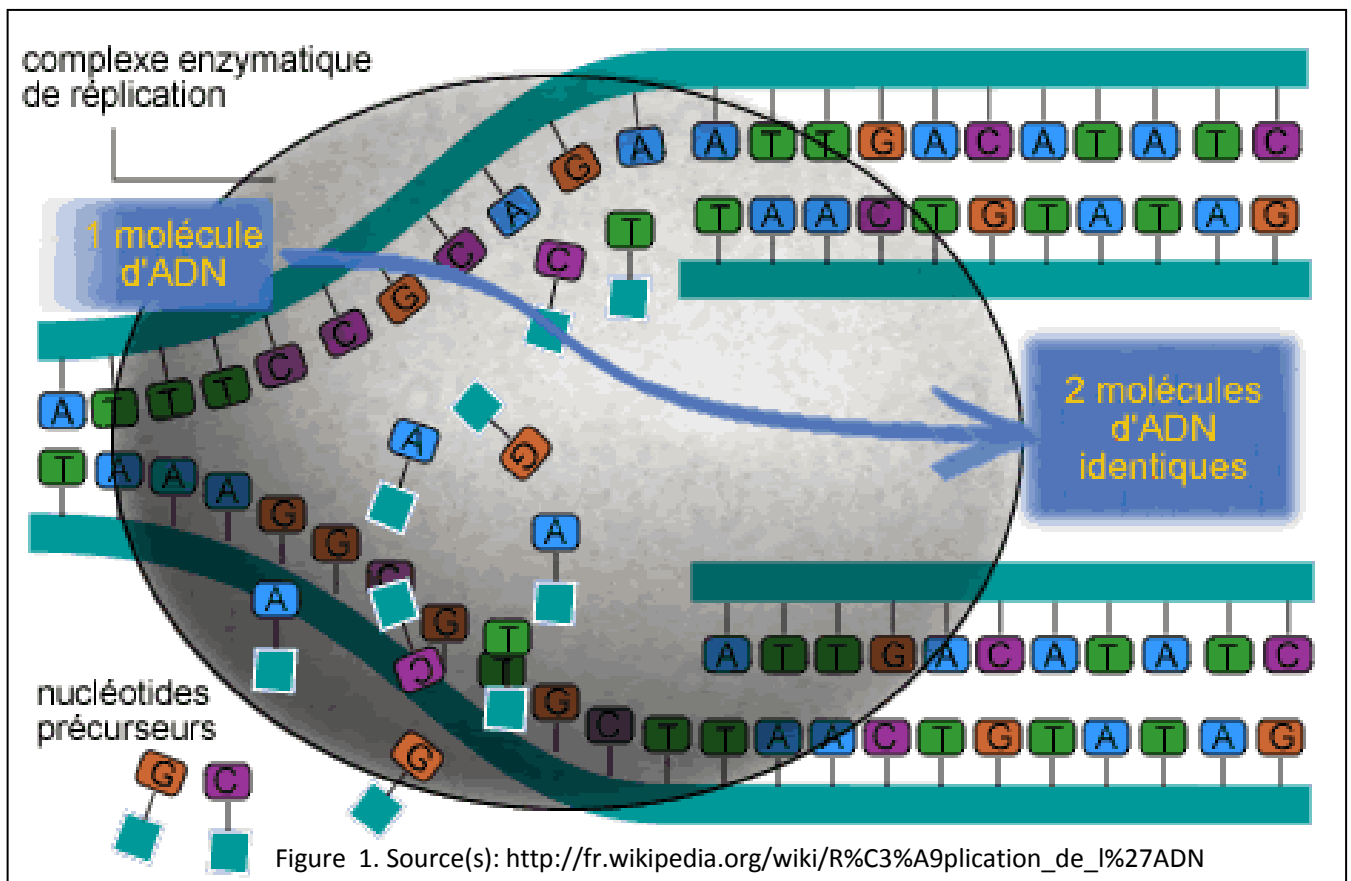


# Réplication de l'ADN (1/2)

La réplication est le processus au cours duquel l'ADN est synthétisé grâce à l'**ADN polymérase**. Ce mécanisme permet d'obtenir, à partir d'une molécule d'ADN, **deux molécules identiques à la molécule initiale**. Puisque les deux chaînes de l'ADN parental se séparent et que deux nouvelles molécules sont formées, on qualifie ce processus de semi-conservateur.

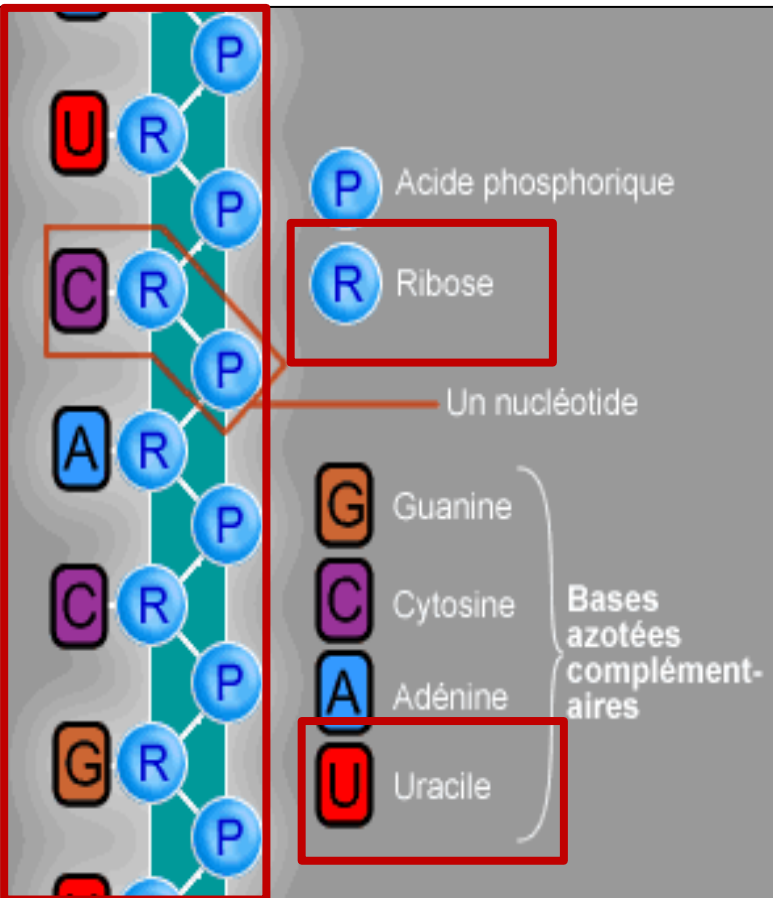
L'ADN a l'importante propriété de pouvoir **être reproduit à l'identique**, ce qui permet à l'information génétique de se transmettre d'une cellule mère aux cellules filles **lors de la division cellulaire**. La molécule d'ADN **s'ouvre comme une fermeture éclair** (ou tirette — par **rupture des liaisons hydrogènes** entre bases appariées de liaisons faibles) libérant deux brins complémentaires. Chaque brin solitaire catalyse alors la synthèse de sa moitié manquante, intégrant, selon la règle de complémentarité des bases, des nucléotides qui sont dispersés dans le noyau. Ainsi, chaque nouvelle molécule est identique à la molécule d'ADN initiale.

La figure 1 ci-dessous schématise brièvement ce processus.



# L'ARN 1/1 ???

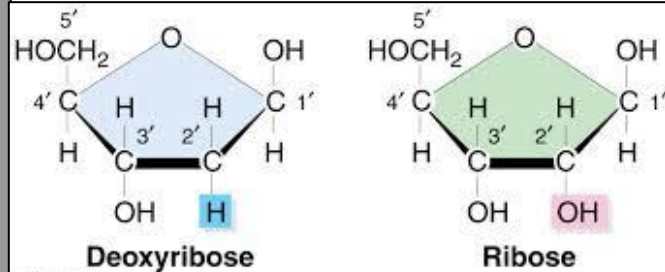
L'ARN possède une structure très semblable à celle de l'ADN



Qu'en pensez-vous?

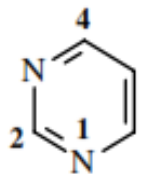
En effet il s'agit d'une chaîne de nucléotides dont les seules différences sont :

Un sucre très légèrement différent

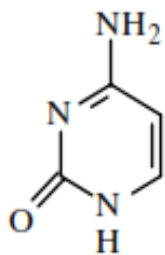


Un nucléotide différent (Uracile vs. Thymine)

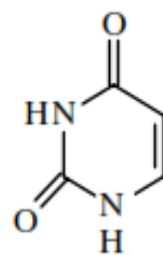
Un structure simple brin



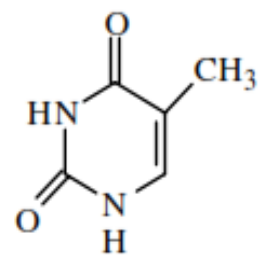
pyrimidine



cytosine  
2-oxy-4-aminopyrimidine

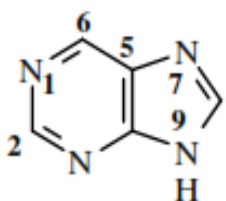


uracile  
2,4-dioxypyrimidine

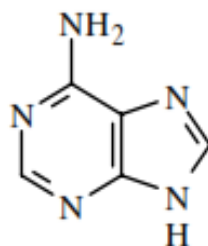


thymine  
5-méthyl-2,4-dioxypyrimidine

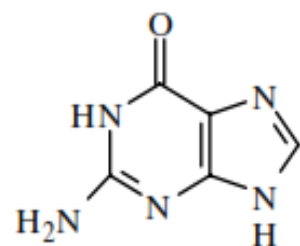
bases pyrimidiques



purine  
imidazopyrimidine



adénine  
6-aminopurine



guanine  
2-amino-6-oxypurine

bases puriques

# Protéines ??? (1/4)


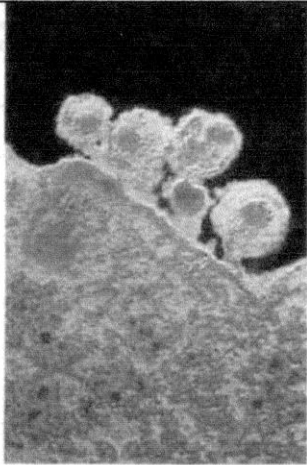

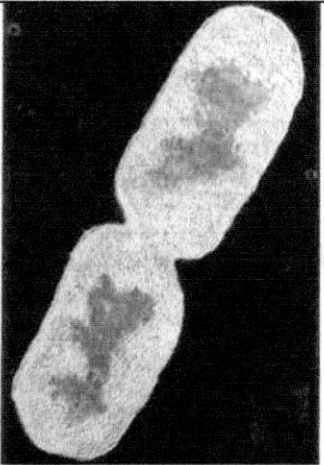
L'information génétique est contenue dans la molécule d'ADN.

L'ADN est le matériel génétique universel de tous les organismes vivants sur terre, or nous sommes tous différents !

Comment s'opère le lien entre cette information génétique et les caractères héréditaires qui nous caractérisent ?

Comment les cellules traduisent-elle l'ADN en caractères précis ?

**Analyse de la figure 1 : « Un pouvoir de synthèse protéique variables »**

				
information génétique	8 chromosomes	2 molécules d'ARN	46 chromosomes	1 molécule d'ADN = 1 chromosome
longueur totale de l'information	11,2 cm	3,2 μm	1,98 m	1,36 mm
nombre de nucléotides	3,7.10 <sup>8</sup> paires de nucléotides	9 749 nucléotides	7.10 <sup>9</sup> paires de nucléotides	4.10 <sup>8</sup> paires de nucléotides
nombre de protéines codées	≈ 5 000	9	≈ 50 000	≈ 2 000

(Biologie Terminal D, *Michel DION et al* ; 1991)

## Questions :

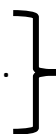
1. Quelles remarques peut-on faire sur l'information génétique de ces êtres vivants (sur le plan qualitatif et quantitatif) ?

2. Peut on établir un rapport entre l'information génétique et les protéines synthétisées ?

1. Comparons d'abord Mouche et Homme?

Petite vs. Grande information génétique.

Moins de protéines chez la Mouche.



Relation entre la quantité d'information génétique et le nombre de protéines

**Et aussi une relation d'un point de vue évolutif...**

2. Comparons d'ADN et ARN. 1 molécule d'ARN porte l'information pour protéines alors que l'ADN en porte pour des milliers.

**On peut donc supposer que l'ARN n'est probablement pas utilisé pour conserver et transmettre l'information génétique. Mais alors à quoi sert-il?**

# Protéines ??? (2/4)

## Structure des protéines.

Les protéines sont constituées un peu à l'image d'un brin d'ADN, d'une succession d'acides aminés. Au sein des protéines les acides aminés sont reliés entre eux par des liaisons peptidiques (covalentes; figure 3). Les protéines sont donc des polymères d'acides aminés possédant comme l'ADN une séquence spécifique. Les protéines vont donc différer par la nature des acides aminés, leur nombre et l'ordre de ces acides aminés. Ces 3 critères déterminent la forme et la fonction des protéines (exemple: Insuline humaine figure 5 page suivante).

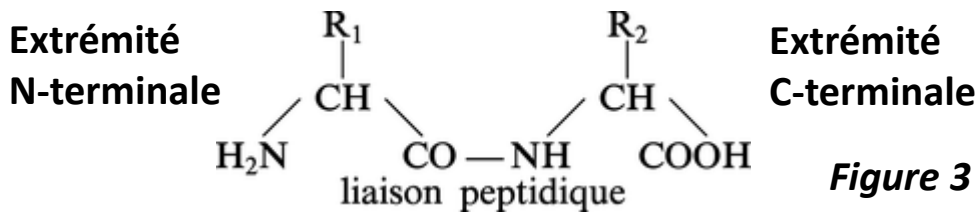


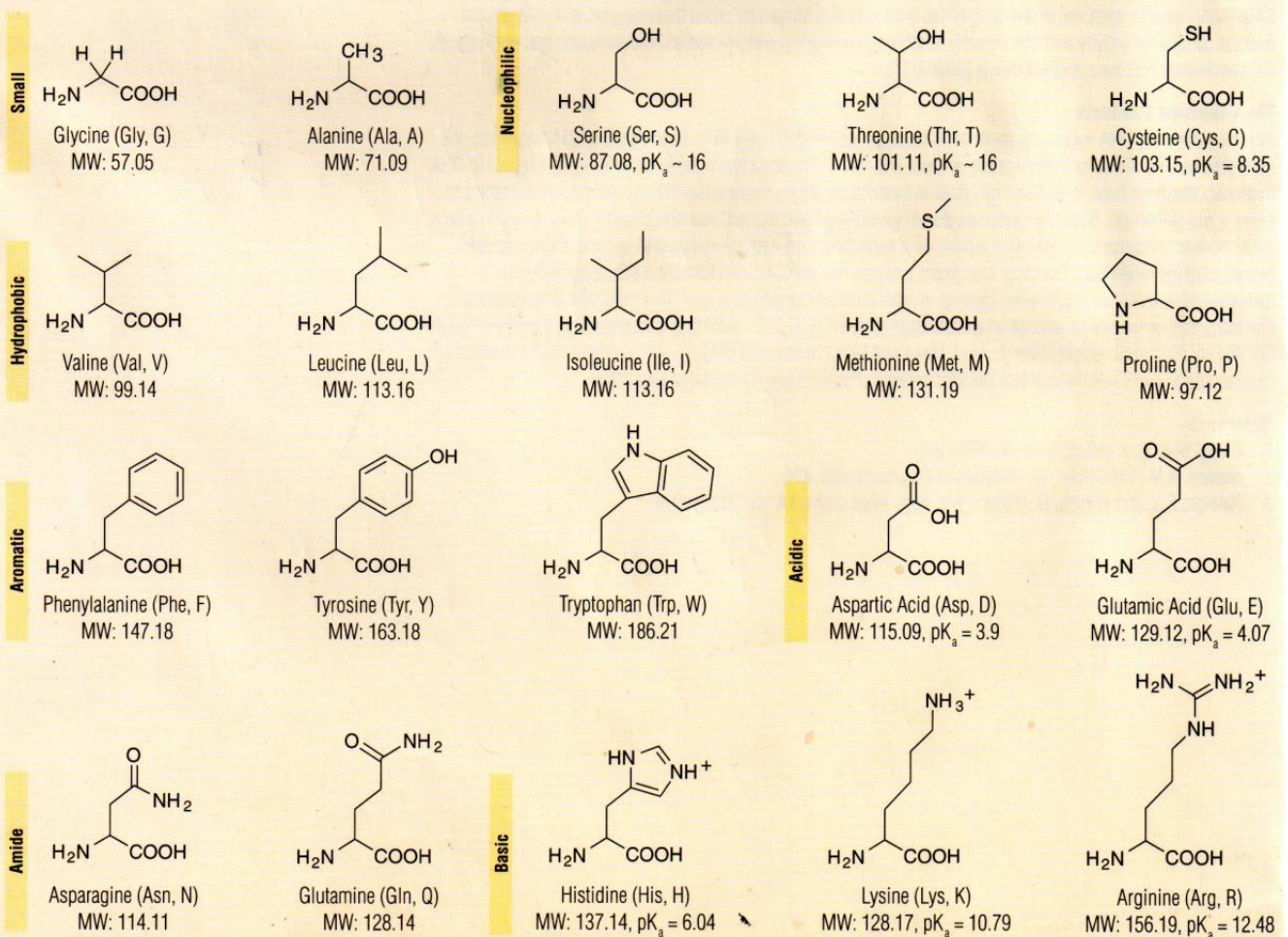
Figure 3

Pour Info: Voici les 20 acides aminés qui sont utilisés par tous les être vivants pour fabriquer leurs protéines.

### Amino Acid Structures

Figure 4

Each amino acid is accompanied by its three- and one-letter code, residue molecular weight (actual molecular weight minus water) and side-chain  $pK_a$ , where appropriate.



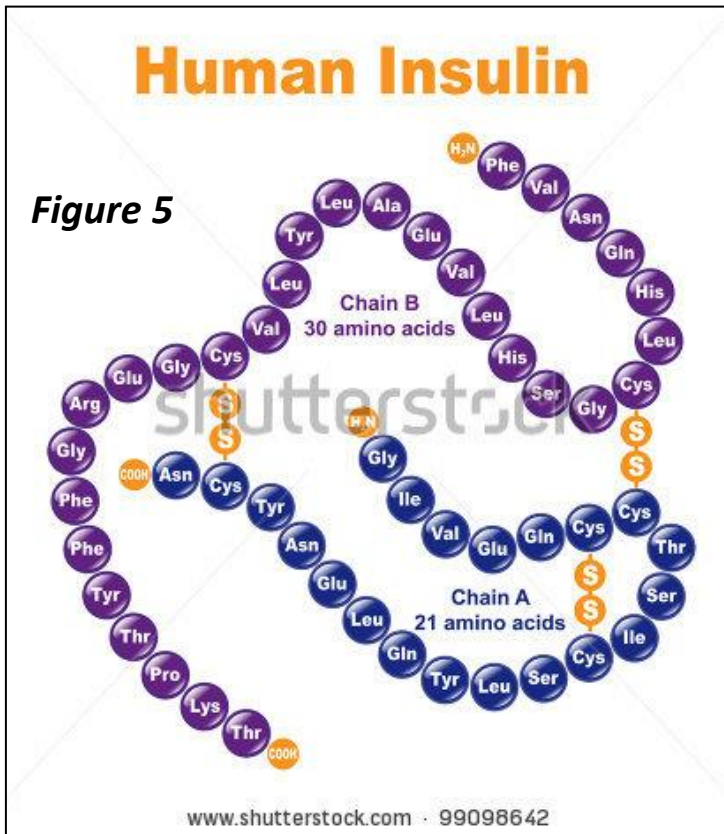
# Protéines ??? (3/4)

## Structure des protéines (suite).

La figure 5 montre les séquences primaires (succession des acides aminés) des chaînes Alpha et Bêta de l'insuline humaine. Notez l'utilisation du code

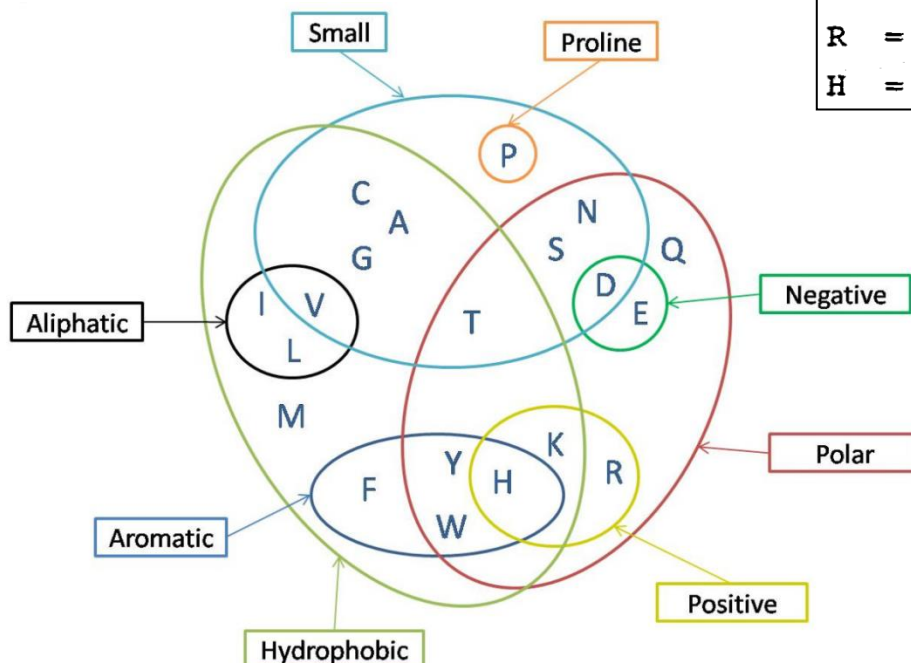
**I**nternational **U**nion of **P**ure and **A**ppplied **C**hemistry (IUPAC; 1970).

(figure 6) pour faciliter cette représentation et la présence de ponts disulfures (liaisons covalentes) qui lient les 2 peptides entre eux .



A	=	Ala	=	Alanine
V	=	Val	=	Valine
L	=	Leu	=	Leucine
I	=	Ile	=	Isoleucine
P	=	Pro	=	Proline
F	=	Phe	=	Phenylalanine
W	=	Trp	=	Tryptophan
M	=	Met	=	Methionine
G	=	Gly	=	Glycine
S	=	Ser	=	Serine
T	=	Thr	=	Threonine
C	=	Cys	=	Cysteine
Y	=	Tyr	=	Tyrosine
N	=	Asn	=	Asparagine
Q	=	Gln	=	Glutamine
D	=	Asp	=	Aspartic Acid
E	=	Glu	=	Glutamic Acid
K	=	Lys	=	Lysine
R	=	Arg	=	Arginine
H	=	His	=	Histidine

**Figure 6**



**Pour INFO: Figure 7: Venn Diagram Tentative de visualiser les propriétés des différents acides aminés en 2D**

# Protéines ??? (4/4)

## Structure des protéines (fin).

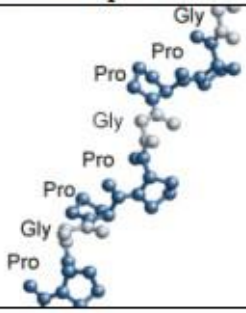
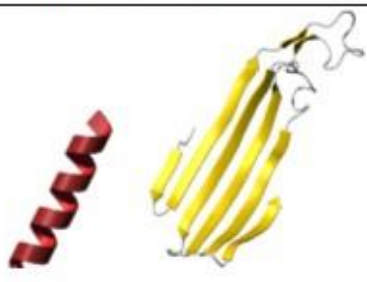

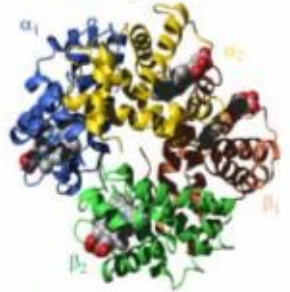
Structure primaire	Structure secondaire	Structure tertiaire	Structure quaternaire
			
<p>La structure primaire est la séquence des acides aminés.</p>	<p>Les structures secondaires sont les motifs que forment les acides aminés. On reconnaît principalement les structures en hélice <math>\alpha</math> et en feuillet <math>\beta</math>.</p>	<p>La structure tertiaire se rapporte aux relations dans l'espace des différentes structures secondaires, hélices et feuillets.</p>	<p>Les protéines qui contiennent plus d'une chaîne polypeptidique présentent un niveau supplémentaire d'organisation : on parle de structure quaternaire.</p>

Figure 9

[eric.lacouture.free.fr](http://eric.lacouture.free.fr)

## Fonctions des protéines.

De manière générale on peut considérer que la forme de la molécule protéinique conditionne sa fonction biologique. Et ainsi distinguer 2 grands types de protéines sur base de leurs fonctions.

**Les protéines fibreuses ou structurales.** Elles soutiennent les tissus, « donnent du corps » à l'organisme. Exemples: Le collagène, (peau), la kératine (cheveux, ongles,...)

**Les protéines globulaires ou fonctionnelles.** Celles-ci ont une « activité » autre que simplement structurale. Citons quelques exemples (d'autres sont repris dans la figure 10 page suivante):

- Protéines immunitaires: Les anticorps combattent bactéries, virus, toxines (en fait tout le « non-soi »).
- Les hormones: Elles régulent le métabolisme et la croissance (insuline et glucagon secrétées par le pancréas qui régulent le taux de glucose sanguin)
- Les catalyseurs (enzymes): Ils accélèrent/diminuent la vitesse de réactions biochimiques (enzymes digestives)
- Les protéines de transport: l'Hémoglobine transportant le dioxygène.

# De l'information génétique (ADN) aux protéines (1/4)

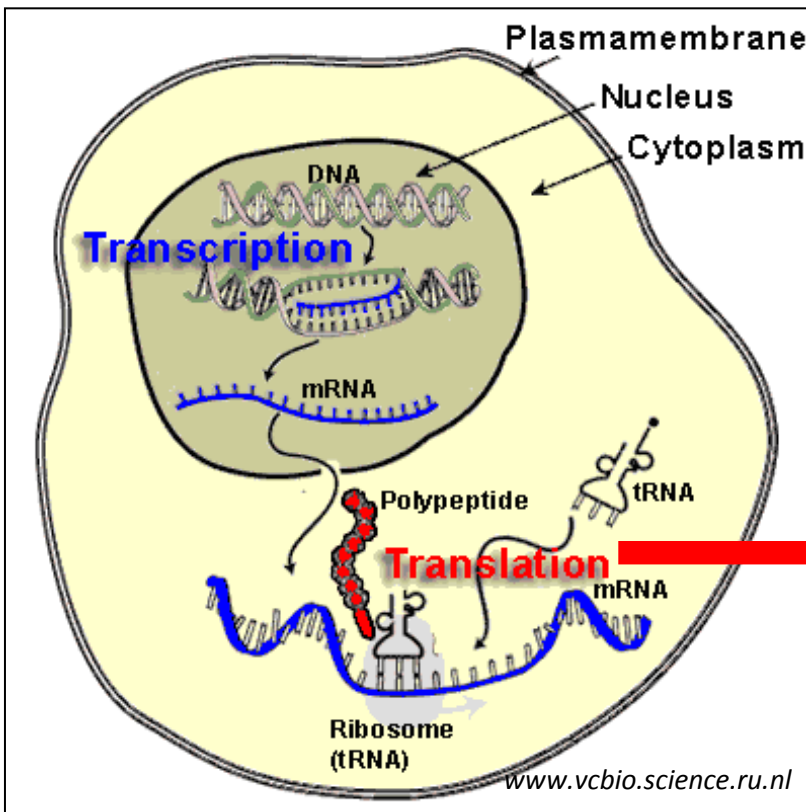
## Que savons-nous?

- L'ADN porte une grande quantité d'information génétique et est localisé dans le noyau.
- La synthèse des nombreuses protéines a lieu dans le cytoplasme (localisée au niveau des ribosomes du Réticulum Endoplasmique Rugueux).
- Il y a une relation entre taille de l'ADN et nombres de protéines différentes.
- L'ARN porte également de l'information génétique, est synthétisé dans le noyau et exporté vers le cytoplasme.

## Qu'en conclure?

Voyons cela plus en détails

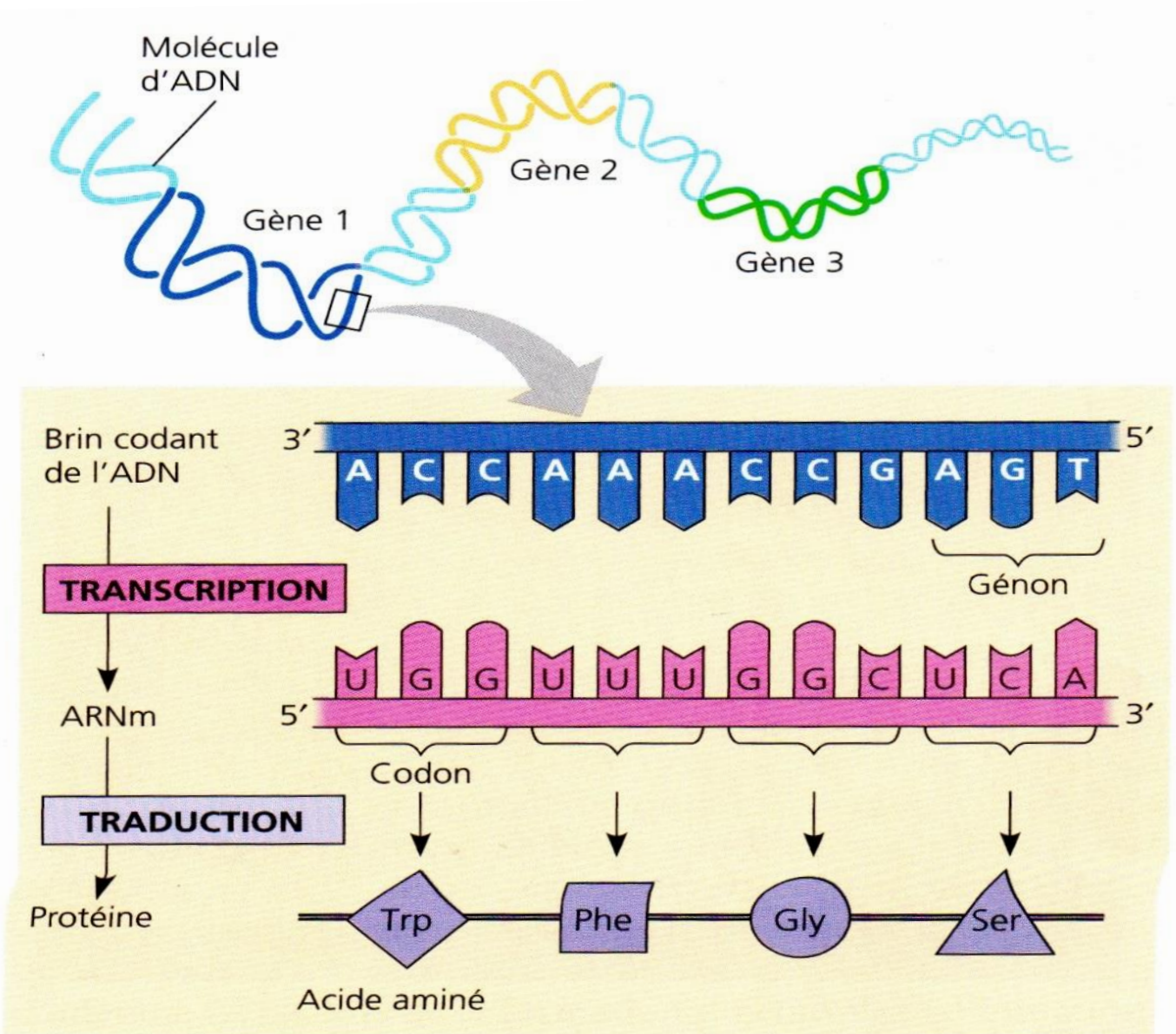
[http://www.ac-creteil.fr/svt/Media/Med1S/Autoradiographie/Cel\\_panc\\_WEB.htm](http://www.ac-creteil.fr/svt/Media/Med1S/Autoradiographie/Cel_panc_WEB.htm)



Français vs. English  
ADN vs. DNA  
ARN vs. RNA  
ARNm vs. mRNA  
Traduction vs. Translation

Voyons cela de plus près

## De l'information génétique (ADN) aux protéines (2/4)

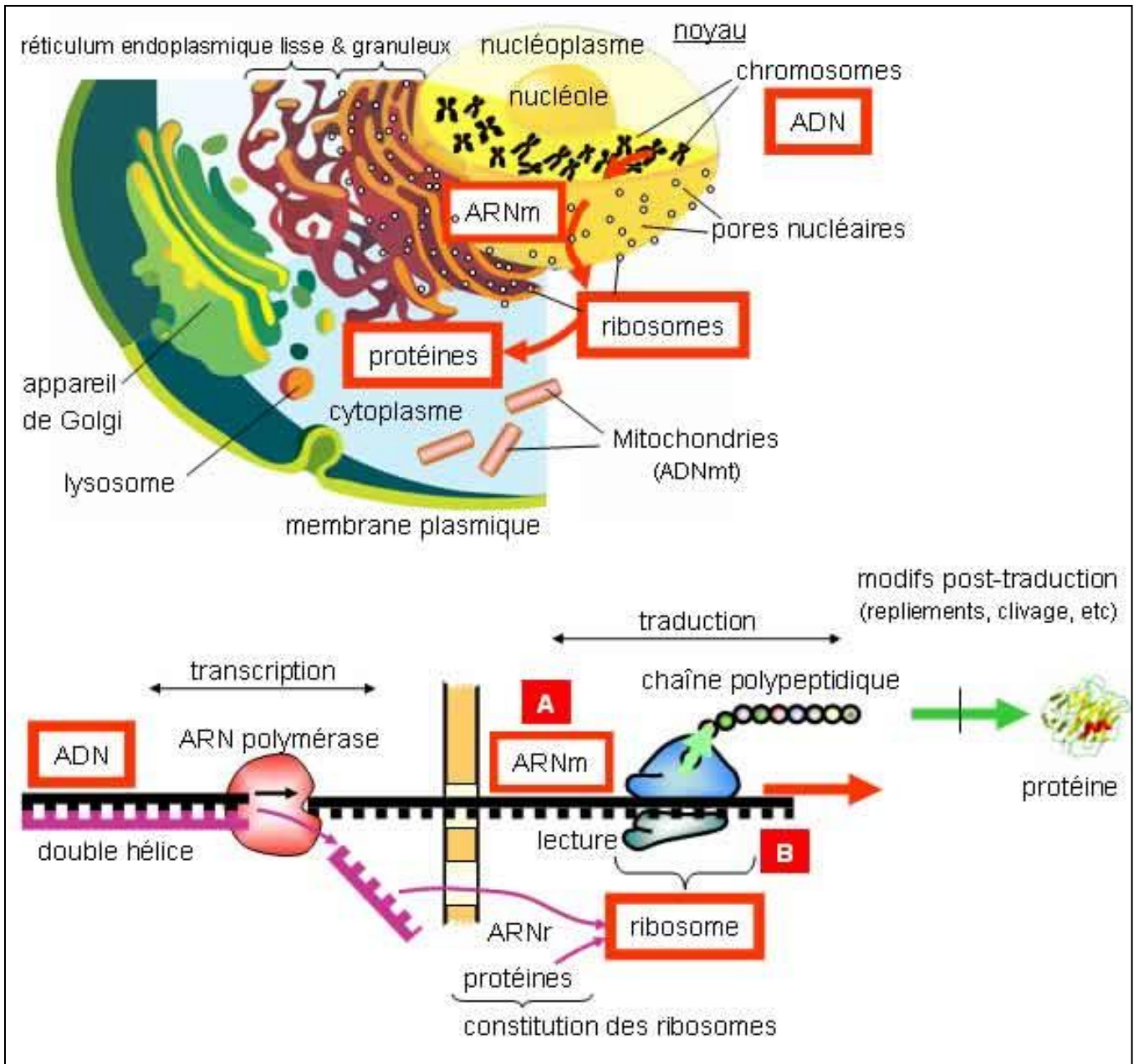


**FIGURE 17.3 Le code à triplets.** Un seul brin d'ADN sert de matrice pour la transcription de chaque gène, c'est-à-dire pour la synthèse d'une molécule d'ARNm complémentaire. Les règles de l'appariement des bases qui régissent la synthèse de l'ADN s'appliquent également à la transcription, mais l'uracile (U) remplace la thymine (T) dans l'ARN. Pendant la traduction, l'ARNm est lu comme une séquence de triplets de bases appelés codons. Chaque codon représente un acide aminé qui doit être ajouté au bout de la chaîne polypeptidique en cours de synthèse. L'ARNm est lu dans le sens 5' → 3'.

Source: Campbell 2<sup>ème</sup> édition p331



# De l'information génétique (ADN) aux protéines (3/4)



Important:

ARNm est celui porte le message depuis l'ADN jusqu'aux ribosomes

ARNr est un élément, constituant des ribosomes

ARNt est un transporteur d'acides aminés vers les ribosomes

# De l'information génétique (ADN) aux protéines (4/4)

Pour information: Code Génétique.

International **U**nion of **P**ure and **A**ppplied **C**hemistry (IUPAC; 1970).

## The Genetic Code

A	R	N	D	C	Q	E	G	H	I	L	K	M	F	P	S	T	W	Y	V
Ala	Arg	Asn	Asp	Cys	Gln	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val
5' GCA	CGA	AAC	GAC	UGC	CAA	GAA	GGA	CAC	AUA	CUA	AAA	AUG	UUC	CCA	UCA	ACA	UGG	UAC	GUA
C	C	U	U	U	G	G	C	U	C	C	G		U	C	C	C		U	C
G	G						G		U	G				G	G	G			G
U	U						U			U				U	U	U			U
	or										or					or			
	AGA									UUA					AGC				
	G									G					U				

Second Position

	U	C	A	G	
U	UUU } Phe	UCU } Ser	UAU } Tyr	UGU } Cys	U
	UUC } Leu	UCC } Ser	UAC } Tyr	UGC } Cys	C
	UUA } Leu	UCA } Ser	UAA } Stop	UGA } Stop	A
	UUG } Leu	UCG } Ser	UAG } Stop	UGG } Trp	G
C	CUU } Leu	CCU } Pro	CAU } His	CGU } Arg	U
	CUC } Leu	CCC } Pro	CAC } His	CGC } Arg	C
	CUA } Leu	CCA } Pro	CAA } Gln	CGA } Arg	A
	CUG } Leu	CCG } Pro	CAG } Gln	CGG } Arg	G
A	AUU } Ile	ACU } Thr	AAU } Asn	AGU } Ser	U
	AUC } Met	ACC } Thr	AAC } Lys	AGC } Arg	C
	AUA } Met	ACA } Thr	AAA } Lys	AGA } Arg	A
	AUG } Met	ACG } Thr	AAG } Lys	AGG } Arg	G
G	GUU } Val	GCU } Ala	GAU } Asp	GGU } Gly	U
	GUC } Val	GCC } Ala	GAC } Asp	GGC } Gly	C
	GUA } Val	GCA } Ala	GAA } Glu	GGA } Gly	A
	GUG } Val	GCG } Ala	GAG } Glu	GGG } Gly	G

### Termination Signals

UAA (Ochre)  
UAG (Amber)  
UGA (Opal)

### Single Letter Code

**A** = adenosine  
**C** = cytidine  
**G** = guanosine  
**T** = thymidine  
**U** = uridine

**B** = C or G or T  
**D** = A or G or T  
**H** = A or C or T  
**K** = G or T  
**M** = A or C  
**N** = A or C or G or T  
**R** = A or G  
**S** = C or G  
**V** = A or C or G  
**W** = A or T  
**Y** = C or T

Third Position (3' end)

Source: New England BioLabs Inc. Catalog

**Le code est "universel"**

**Tous les êtres vivants utilisent  
les mêmes mécanismes, le  
même code**

**ET**

**tous les êtres humains se sont  
mis d'accord pour utiliser les  
mêmes symboles!**

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Organisation de l'ADN (Français; 13:00 de 1:00 à 3:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=HOOb0ErwJRgI>

Organisation de l'ADN (des chromosomes vers l'ADN) (Français; 1:15)

<https://www.youtube.com/watch?v=-OaoDg-AHnY>

Structures de l'ADN et de l'ARN (Français; 3:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=ziYpv6JVtUk>

Réplication de l'ADN (Français; 3:30 de 0:45)

<https://www.youtube.com/watch?v=oebogqrX5F4>

Structures (primaire à quaternaire) des Protéines (Anglais; 3:30 Stops / 7:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=qBRFIMcxZNM>

Structure primaire des Protéines (Français; 4:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=8EsWkpB3O6Y>

Structures secondaire à quaternaire des Protéines (Français; 5:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=nrLEbLWirFc>

Transcription (Français; 2:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=wu4Ksonj90g>

Traduction (Français; 2:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=5REsGZQGEZ4>

Transcription et Traduction (Français; 5:00 à 3:00)

<http://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=51580&demande=desc>

Récapitulatif Global ( Français; 2 x 10:00; de 0:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=VQJKDgpRcni>

<https://www.youtube.com/watch?v=7-hLLR3Y4bi>

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Organisation de l'ADN (Français; 13:00 de 1:00 à 3:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=HOb0ErwJRgI>



# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Organisation de l'ADN (des chromosomes vers l'ADN) (Français; 1:15)

<https://www.youtube.com/watch?v=-OaoDg-AHnY>

## DES CHROMOSOMES A L'ADN

Le corps humain est constitué de milliards de cellules.

Chaque cellule possède le même matériel génétique réparti au sein de 46 chromosomes : 22 paires d'autosomes et une paire de chromosomes sexuels.



# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Structures de l'ADN et de l'ARN (Français; 3:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=ziYpv6JVtUk>

The logo for CRI (Centre de Recherche en Informatique) is displayed in a dark blue, sans-serif font against a light blue background with a subtle, abstract pattern. The letters 'C', 'R', and 'I' are large and spaced out. The 'I' has a small green dot above it.

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Réplication de l'ADN (Français; 3:30 de 0:45)

<https://www.youtube.com/watch?v=oebogqrX5F4>

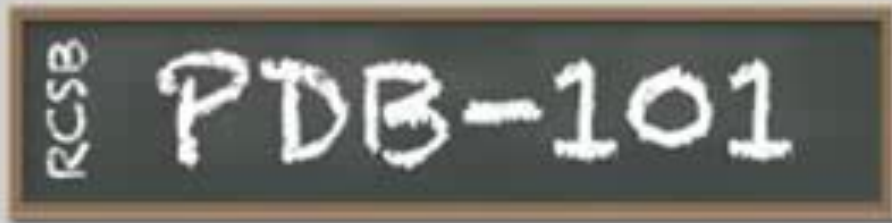


# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Structures (primaire à quaternaire) des Protéines (Anglais; 3:30 Stops / 7:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=qBRFIMcxZNM>

RCSB  
**PDB**  
PROTEIN DATA BANK





# De l'information génétique (ADN) aux protéines (Si 2 périodes)

Structure primaire des Protéines (Français; 4:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=8EsWkpB3O6Y>

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

## Si 2 Périodes

Structures secondaire à quaternaire des Protéines (Français; 5:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=nrLEbLWirFc>

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Transcription (Français; 2:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=wu4Ksonj90g>

# Synthèse des protéines

Grand Theft

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Traduction (Français; 2:00)

<https://www.youtube.com/watch?v=5REsGZQGEZ4>

# Synthèse des protéines

Genes & Protein

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

## Uniquement via le lien

Transcription et Traduction (Français; 5:00 à 3:00)

<http://monde.ccdmd.gc.ca/ressource/?id=51580&demande=desc>

Si fichier mov accompagne: Anim\_11\_synthese\_520X390\_51580.mov

# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Récapitulatif Global 1/2 ( Français; 10:00; de 0:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=VQJKDgpRcnI>



# De l'information génétique (ADN) aux protéines

Récapitulatif Global 2/2 ( Français; 10:00; de 0:30)

<https://www.youtube.com/watch?v=7-hLLR3Y4bI>

