



# TUT' Rentrée 2019-2020

INTERVENTION DE LA BIOMOL 2/4

# SOMMAIRE

## COURS 1 :

A- INTRODUCTION

**B- LES ACIDE NUCLÉIQUES**

C- LA REPLICATION DE L'ADN

## COURS 2 :

D- LA SYNTHÈSE DES PROTÉINES

E- RÉGULATION DE L'EXPRESSION DES GÈNES

F- LA MÉIOSE



On se réveille tranquille  
c'est la Biomol

# A) STRUCTURE PRIMAIRE DE L'ADN = ENCHAINEMENT DES NUCLÉOTIDES

## RAPPELS

Une cellule contient 2 types d'acides nucléiques :

- L'acide **désoxy**ribonucléique (ADN) : stockage de l'information génétique.

Polymère de **désoxyribonucléotides** (dNTPs)

- Les acides ribonucléiques (ARNs) dont il existe plusieurs types. Participent à l'expression de l'info génétique.

Polymère de **ribonucléotides** (rNTPs)

# LES NUCLEOTIDES

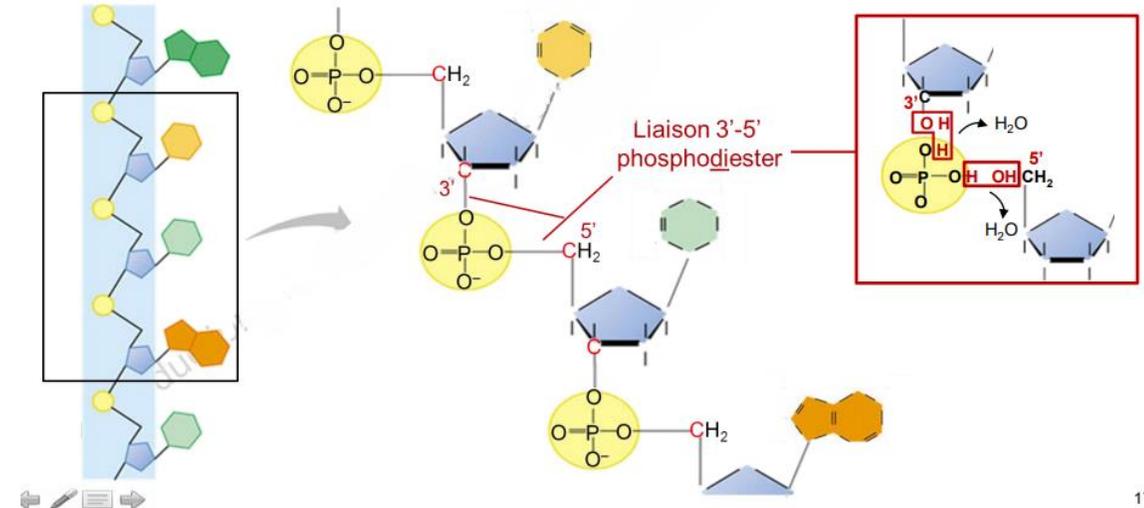
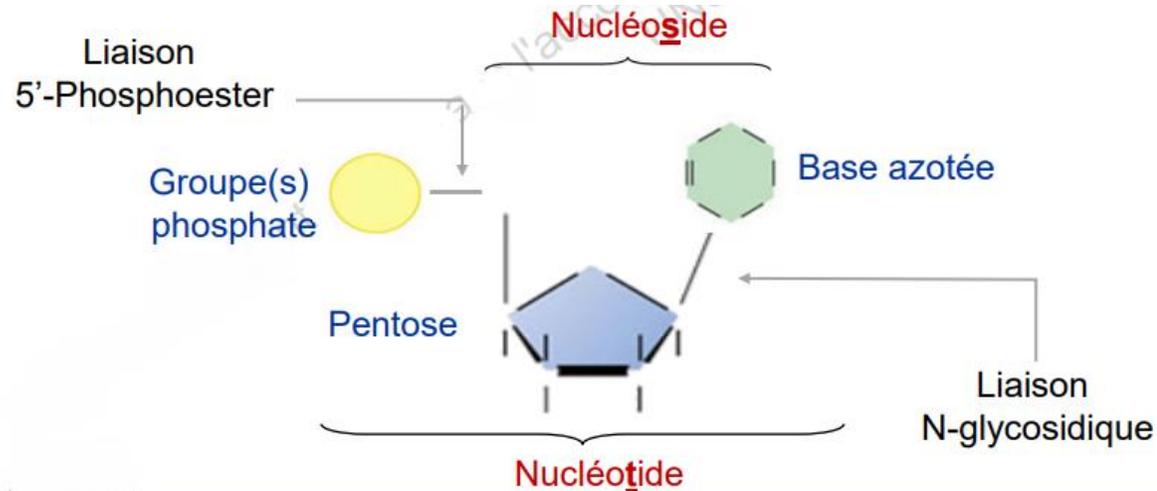
Les acides nucléiques sont constitués de nucléotides

Variante entre les différents nucléotides

Un nucléotide = 1(/2/3) groupe **phosphate** + un **pentose** + une **base azotée**

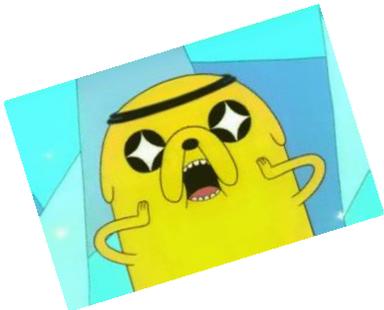
nucléotide -> Sélection 

nucléotide 



LIAISON 3'-5' PHOSPHODIESTER

# NUCLÉOTIDES ---- NUCLÉOTIDES



1 BASE AZOTÉE

A, G, C, T, U

=

5 base azotées majeurs

NUCLEOSIDE

Liaison N-glycosidique



PENTOSE

( sucre à 5 côtés )

Liaison 5' phosphoester



1 À 3 GROUPES PHOSPHATE



1 À 3 GROUPES PHOSPHATE

BASES ROUGE : PURINES  
BASES BLEU : PYRIMIDINES

## a) BASE AZOTÉE

5 bases azotées majeures :

- Les **purines** : Adénine (A) , Guanine (G)
- Les **pyrimidines** : Cytosine ©, Thymine (T), Uracile (U)



Mnémono: purine -> neige -> Russie -> goul**AG**

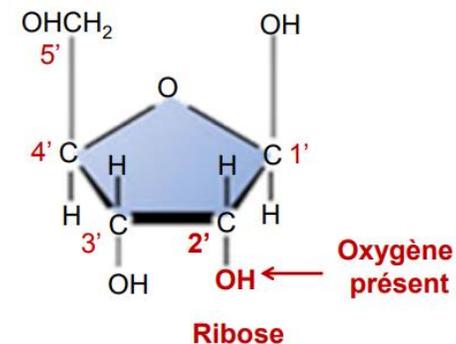
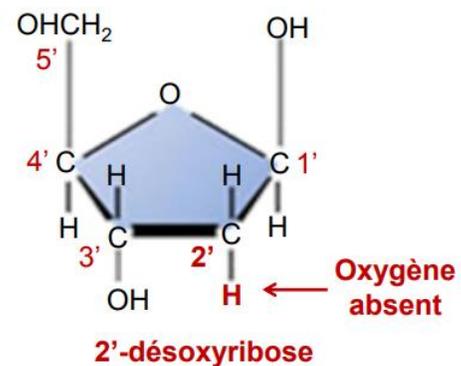
D'autres bases mineures existent dans l'ARN

Attention : La thymine est présente dans l'ADN

Dans l'**ARN**, lors de la transcription l'**uracile** remplace la thymine

## b) PENTOSE (=sucre à 5 côtés)

Le pentose n'est pas le même dans l'ADN et l'ARN -> acide **désoxyribonucléique** : il manque un atome d'oxygène dans l'ADN en position 2'



## 2 DIFFÉRENCES ENTRE LES NUCLÉOTIDES DE L'ADN ET L'ARN

	<u>ADN</u>	<u>ARN</u>
<u>PENTOSE DIFFÉRENT</u>	<p>2'-désoxyribose (oxygène <u>absent</u>)</p> <p>carbone 2' orienté vers le plan de la base (conformation C2'-endo)</p>	<p>Ribose (oxygène présent)</p> <p>carbone 3' orienté vers le plan de la base (conformation C3'-endo)</p>
<u>1 DES BASES DIFFÉRENTES</u>	<p>Adénine (A) Guanine (G) Cytosine (C) Thymine (T)</p>	<p>Adénine (A) Guanine (G) Cytosine (C) Uracile (U)</p>

# FINALEMENT

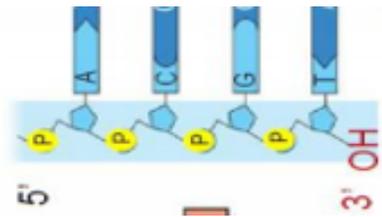
Un brin d'ADN/ARN est constitué par un squelette sucre-phosphate (nucléoside) avec les bases reliées au pentose.

Cette **suite de nucléotides** reliés entre eux forme la **structure primaire de l'ADN**

Cette suite code pour un message qui a un sens de lecture : le sens 5'-3'

De l'extrémité 5' Phosphate libre -> extrémité 3' OH libre

(5'-ACCCAAGGTCTG-3')



## B) STRUCTURE SECONDAIRE DE L'ADN = MODELE DE LA DOUBLE HÉLICE

### a) TRAVAUX PRELIMINAIRES

2 travaux ont précédés/aidés la découverte de la structure secondaire de l'ADN

Etude de la composition en bases de l'ADN (Erwin Chargaff)

- Constante dans toutes les espèces : on a **autant de A que de T** ( $A/T=1$ ) et **autant de G que de C** ( $G/C=1$ ) que l'on soit chez le lapin ou l'homme
- Le **rapport  $(A+T)/(G+C)$  est spécifique** d'une espèce donnée

Etude de la diffraction des rayons X par l'ADN (Rosalind Franklin)

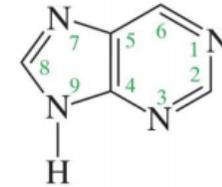
- La structure est en **hélice**
- Le **diamètre** de l'hélice est **constant : 2nm**
- Le squelette sucre-phosphate est à l'extérieur, les bases à l'intérieur de l'hélice

MAIS le **nombre de brins** d'ADN formant l'hélice n'est **pas encore déterminé**

## b) MODELE DE LA DOUBLE HELICE : WATSON ET CRICK

- ✓ L'hélice contient 2 brins
- ✓ Formant des paires de bases associées par des liaisons hydrogènes
- ✓ Les paires s'associent selon le **principe de complémentarité** :
  - D'après le diamètre constant : une purine s'associe à une pyrimidine
  - D'après les ratios A/T et G/C=1 : A s'apparie avec T et G avec C

Noyau purique



Noyau pyrimidique



IMPORTANT: Les deux brins sont orientés en sens inverse : à l'extrémité 5'-P d'un brin correspond l'extrémité 3'-OH de l'autre brin tandis que le sens de lecture reste le même 5'-3'

-> ils sont dit ANTIPARALLELES



## b) MODELE DE LA DOUBLE HELICE : WATSON ET CRICK (2)

L'hélice possède 2 sillons car les angles entre les liaisons glycosidiques sont différents.

Ces **sillons** permettent des **interactions entre ADN et protéines** car les bases y exposent des sites donneurs (D) et accepteurs (A) d'Hydrogènes (H) pour former des LH avec des protéines (P)

On a donc :

- Sillon majeur : 240° Protéines spécifiques, ex: P régulatrices de l'expression des gènes (TATAA box, TFII D)
- Sillon mineur : 120° Les **HISTONES (++)** = protéines responsable de la structure tertiaire de l'ADN
  - > Spécifiques du sillon mineur

# CHANGEMENT DE TUTRICE !



Ben non c'est pas  
encore la pause



## C) STRUCTURE TERTIAIRE DE L'ADN = COMPACTION DE L'ADN

### a) COMPACTION DE L'ADN

Les Histones conditionnent la structure tertiaire de l'ADN

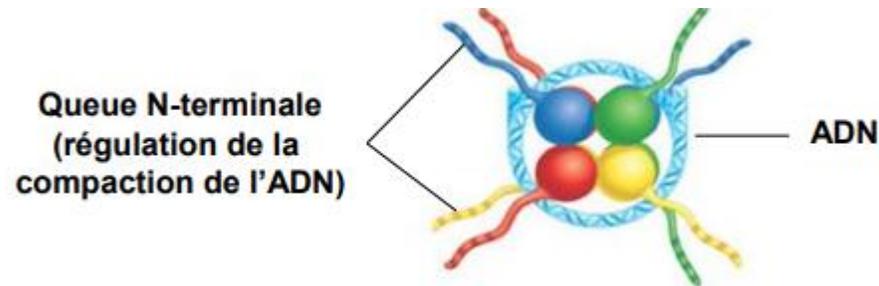
L'ADN s'enroule autour d'un octamère d'histones formé de 4 paires (H2A,H2B,H3,H4) = **NUCLÉOSOME**

HISTONES = Domaine central commun + queue N-terminale variable

-> Riche en **AA** basiques **chargés +** (lysine et arginine)



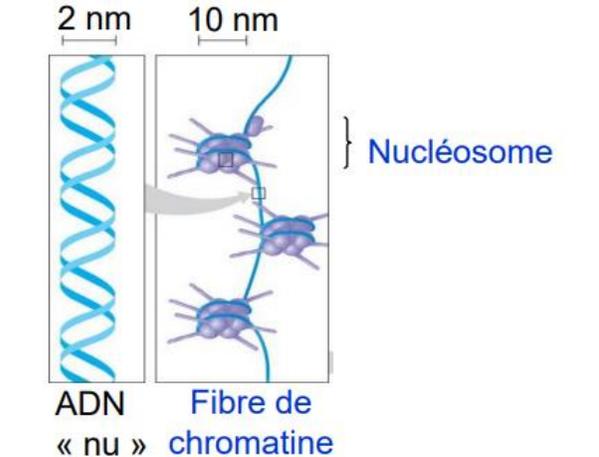
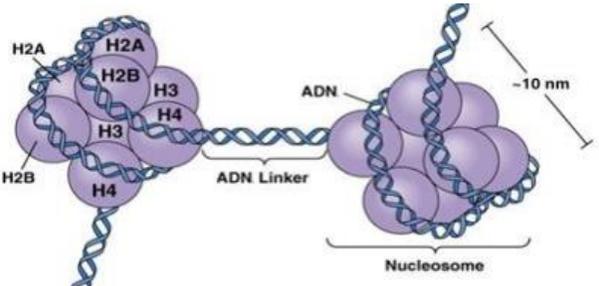
Lysine (**K**) Arginine (**R**) :  
le **K**ing et la **R**eine



L'ADN eucaryote subit différents niveaux de compaction pour passer d'une molécule d'ADN nue à un véritable K

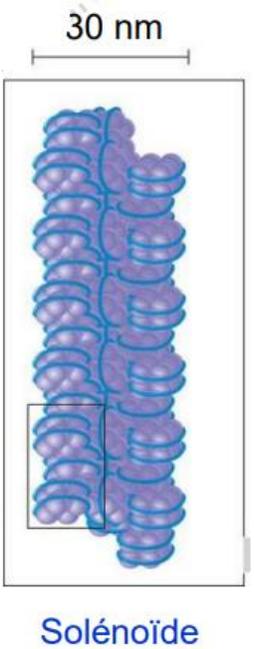
**1<sup>er</sup> niveau : fibre de chromatine** (10 nm de diamètre)

Nucléosomes reliés entre eux : « le collier de perles »



**2<sup>ème</sup> niveau : Solénoïdes** (30 nm de diamètre)

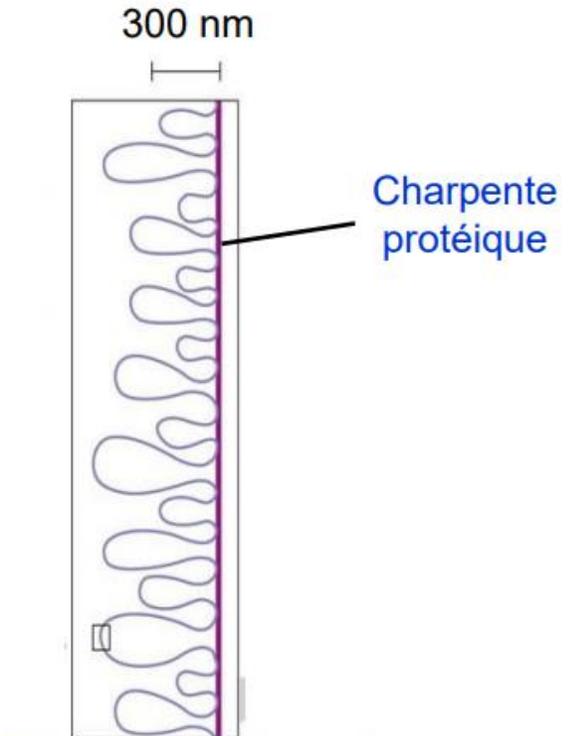
La fibre de chromatine s'enroule en hélice  
1 tour = 6 nucléosomes



Solénoïde

**3<sup>ème</sup> niveau : amarrage** du solénoïde (300 nm de d)

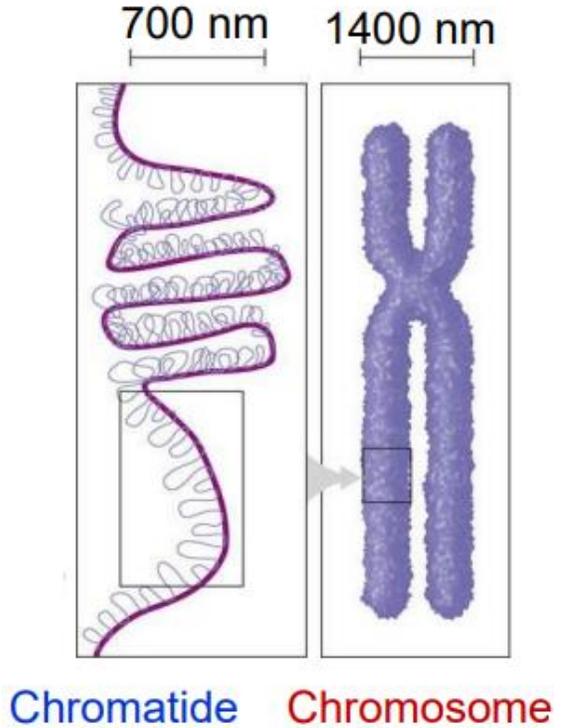
Amarrage sous forme de boucle sur une charpente protéique



Boucles de chromatine

**4<sup>ème</sup> niveau : Chromatide** (700 nm de diamètre)

Les boucles et la charpente s'empilent  
1 K à 2 chromatides = 1400nm



Chromatide Chromosome

## b) VARIABILITE DE LA COMPACTION

### DANS LE TEMPS

<u>EN INTERPHASE (G1/S/G2)</u>	<u>EN MITOSE</u>
PEU COMPACTÉE ACCESSIBLE <u>EUCHROMATINE</u>	COMPACTÉE NON ACCESSIBLE <u>HÉTÉROCHROMATINE</u>

### DANS L'ESPACE

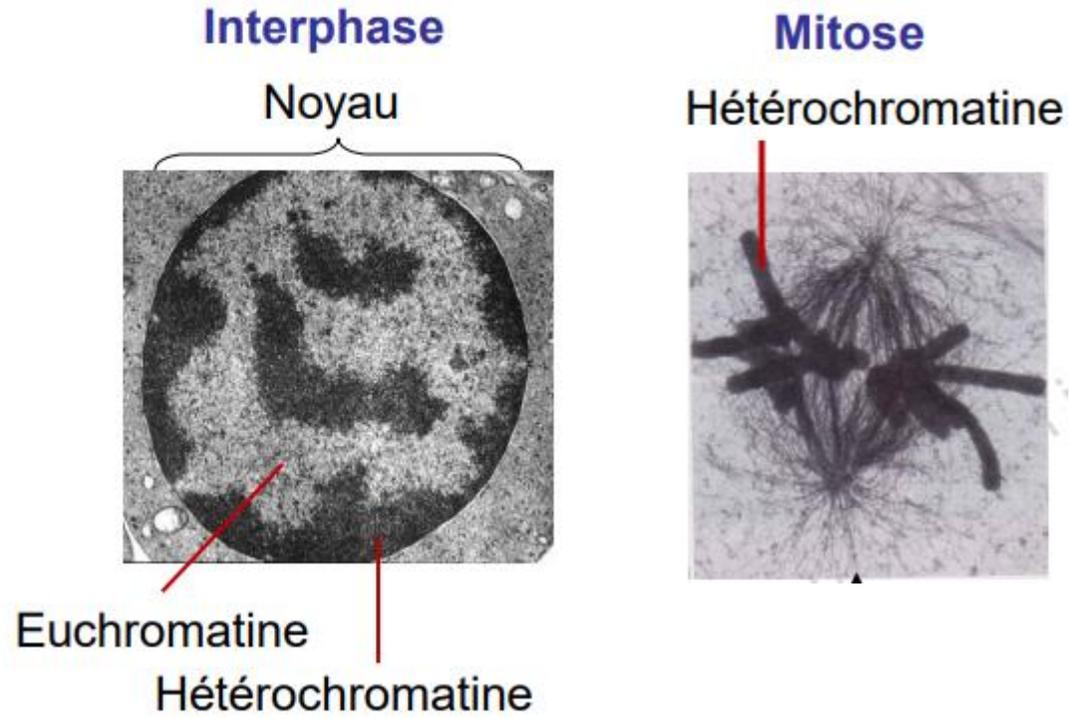
<u>PÉRIPHÉRIE</u>	<u>CENTRE</u>
<u>HÉTÉROCHROMATINE</u>	<u>EUCHROMATINE</u>

Au sein du noyau le compartiment central est donc dédié à l'expression génique car les **gènes** présents dans l'**euchromatine** s'expriment alors que ceux dans l'**hétérochromatine** ne s'expriment pas (on verra ça plus tard 😊)

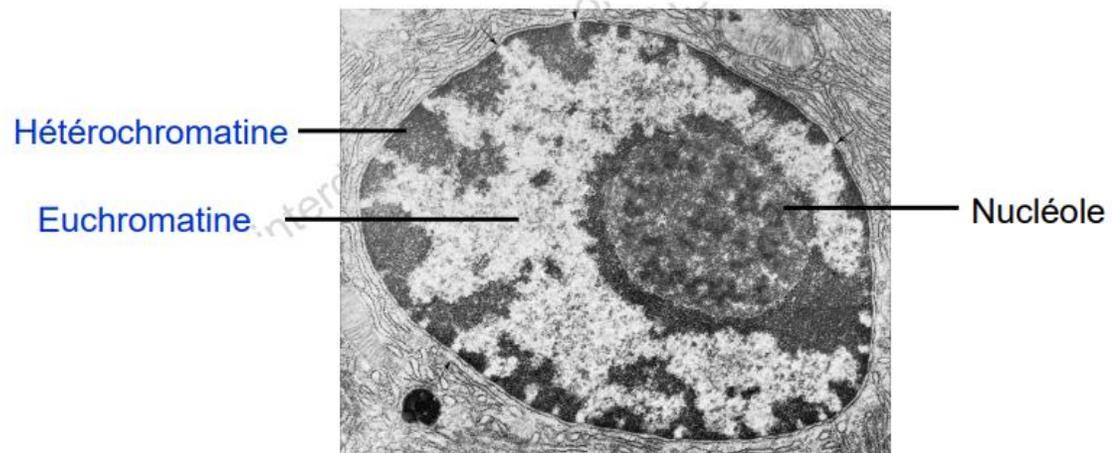


Au miliEU -> l'EUchromatine

**DANS LE TEMPS**



**DANS L'ESPACE**



## b) VARIABILITE DE LA COMPACTION (2)

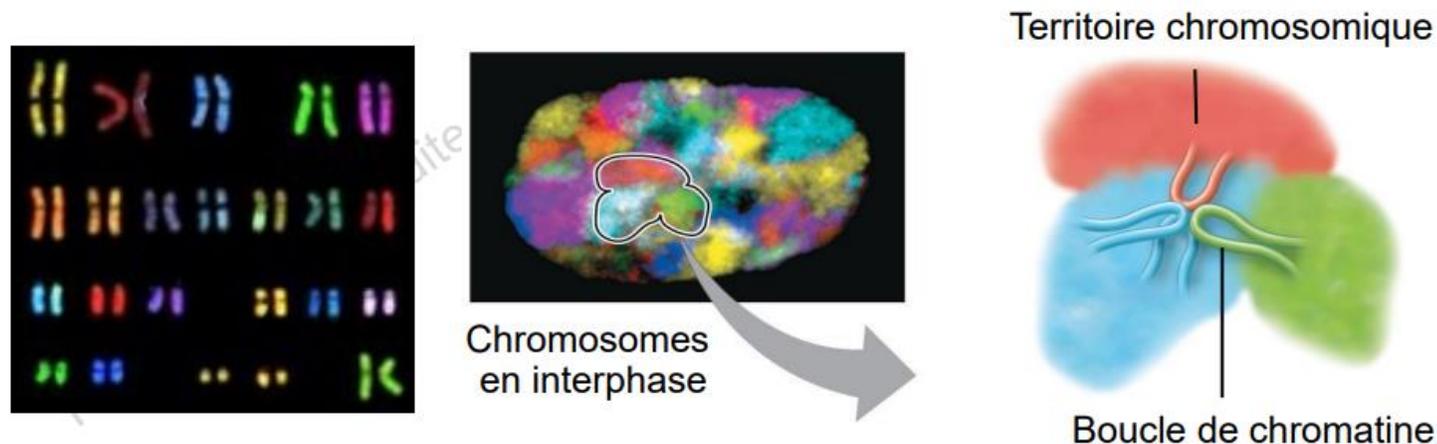
### Chaque K occupe un territoire défini dans le noyau

Les **territoires chromosomiques** sont séparés par des **domaines inter chromosomiques** où l'on retrouve des enzymes impliquées dans l'expression des gènes

Certaines portions de K forment des boucles d'euchromatines (décompactées, accessible, riches en gènes) proches de ces domaines

Finalement les boucles de K différents peuvent se retrouver proches

-> **facilite l'expression coordonnée de gènes situés sur des K différents**



# RECAP STRUCTURE DE L'ADN

PRIMAIRE : ENCHAÎNEMENT DE NUCLÉOTIDES FORMANT UNE SUITE DE LETTRES  
CONSTITUANT LE MESSAGE GÉNÉTIQUE

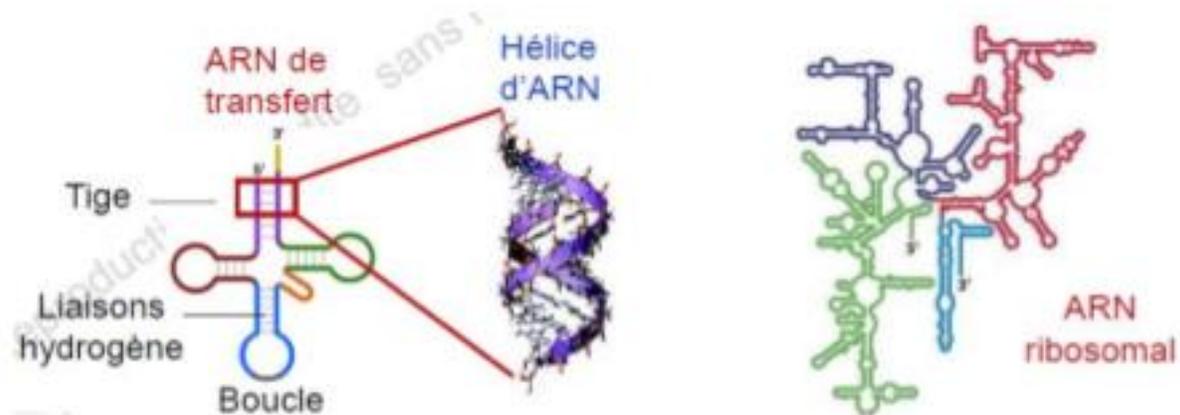
SECONDAIRE : DOUBLE HÉLICE FORMÉE DE 2 BRINS

TERTIAIRE : INTERACTION AVEC LES HISTONES ( COMPACTION / DÉCOMPACTION )

✓ Sa Structure secondaire est variée :

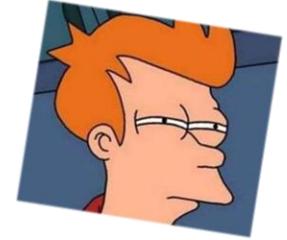
Une molécule d'ARN n'est formée que **d'un seul brin** mais elle peut se replier par appariement **INTRAMOLÉCULAIRE** de bases complémentaires pour former localement une hélice (duplex d'ARN) dont les caractéristiques diffèrent de celles de la double-hélice d'ADN !

Les ARNs peuvent contenir des régions appariées (tiges) et non appariées (boucles) et former des structures très complexes comme l'ARN ribosomal.



## D) STRUCTURES ET FONCTIONS DES DIFFÉRENTS ARN

**Attention !** Une molécule d'ARN n'est formée que d'un seul brin!  
Même s'il peut se replier sur lui-même en hélice



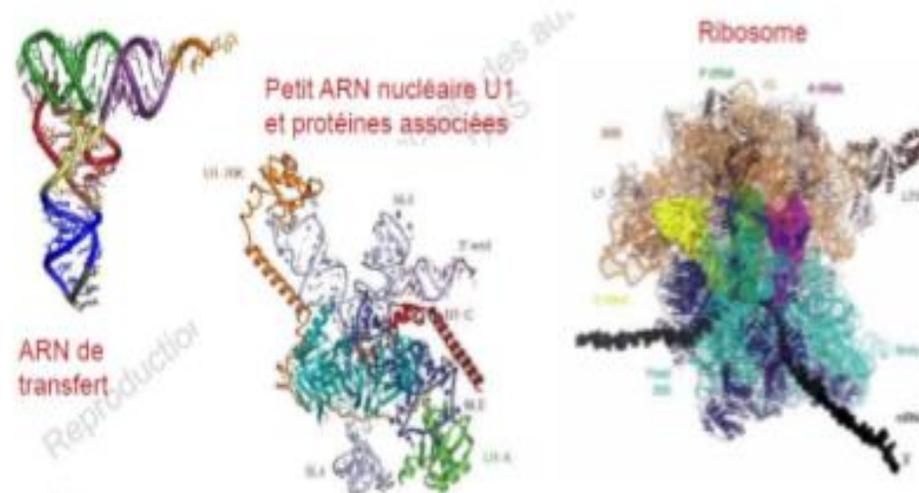
✓ **Sa Structure primaire** ressemble à celle de l'ADN mais diffère par la présence du groupe OH lui donnant des propriétés propres :

→ Il peut être D/A d'H et former des LH impliqués dans la structure tertiaire

→ Son squelette sucre-phosphate est “ **collant** ”

✓ Sa Structure tertiaire conditionne la fonction des différents types d'ARN:

Elles dépendent d'interactions multiples impliquant des ions ( $Mg^{2+}$ ), des boucles adjacentes, le ribose, des protéines...



Grâce à la structure tertiaire on peut déterminer si c'est un ARNm/r/t et donc la fonction du brin d'ARN

**TOUS** les ARNs participent (directement ou non) à l'expression des gènes : chaque type d'ARN joue un rôle précis au cours des étapes de l'expression des gènes

# FIN !!



On se revoit vite

Reposez vous les guerriers et  
Bossez bien la Biomol !

La Biomol résumée par le prof :

« Le génome est un livre de cuisine formé de chapitres (chromosomes), qui contient des recettes (gènes) sous la forme d'une suite de lettres (nucléotides).

Certaines recettes contiennent l'information pour fabriquer des ustensiles de cuisine (ARNs), et d'autres pour associer les ingrédients (AA) pour préparer différents plats (protéines) »