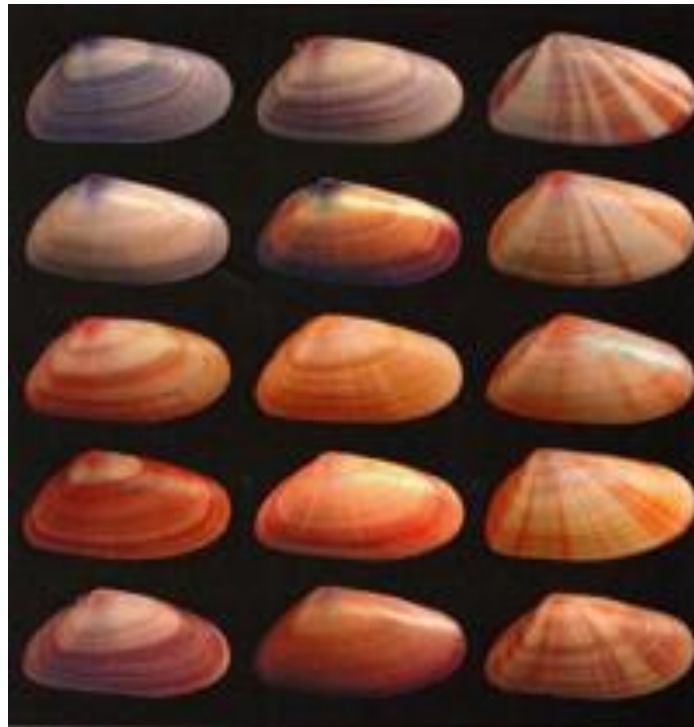


# De l'ADN aux protéines : expression et régulation de l'information génétique

*Comment l'information génétique s'exprime et  
se régule pour produire le phénotype ?*

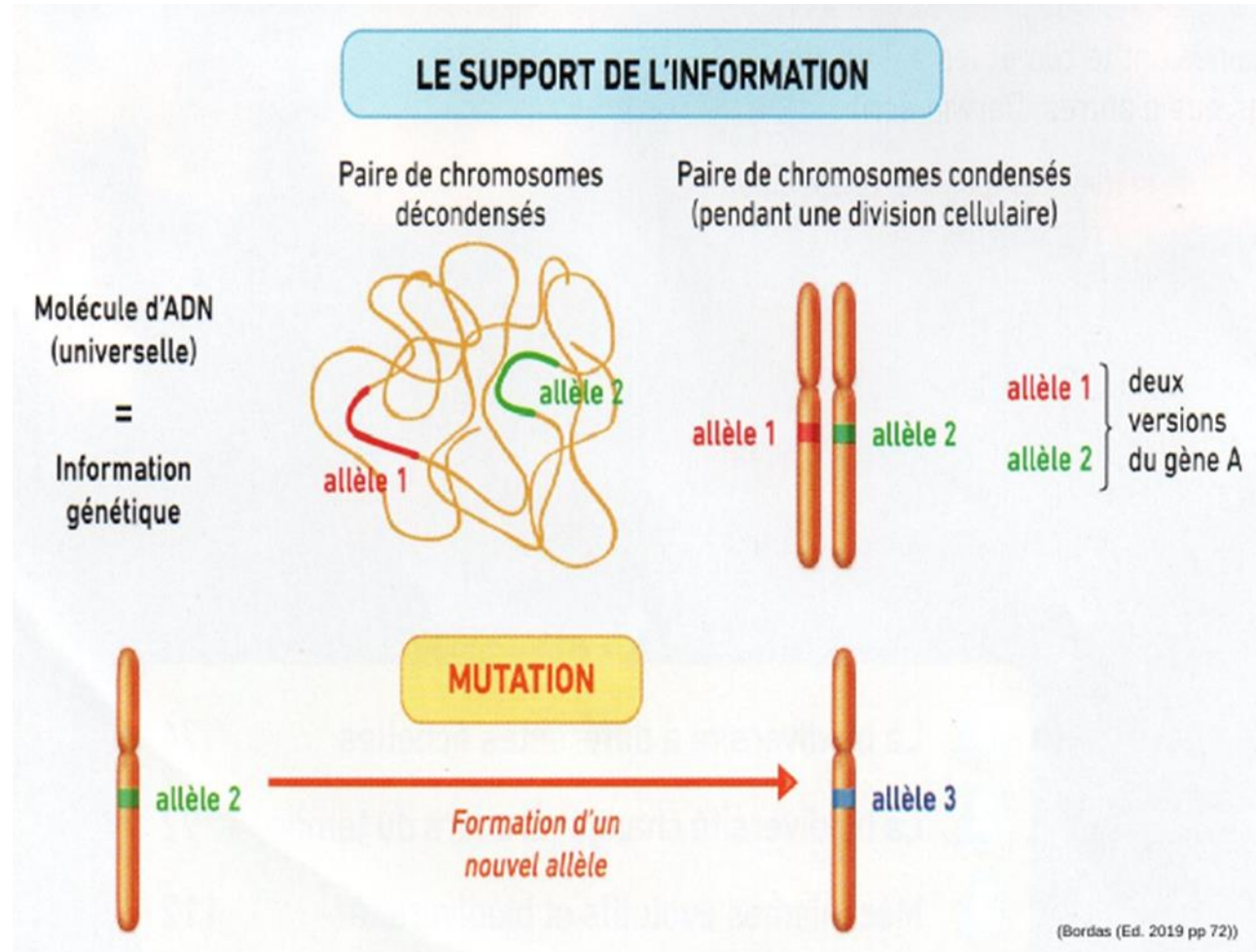


Des coquilles de *Donax variabilis* présentant  
des phénotypes différents. (Nathan, Ed.2019,p.101)

# Une molécule universelle : l'ADN

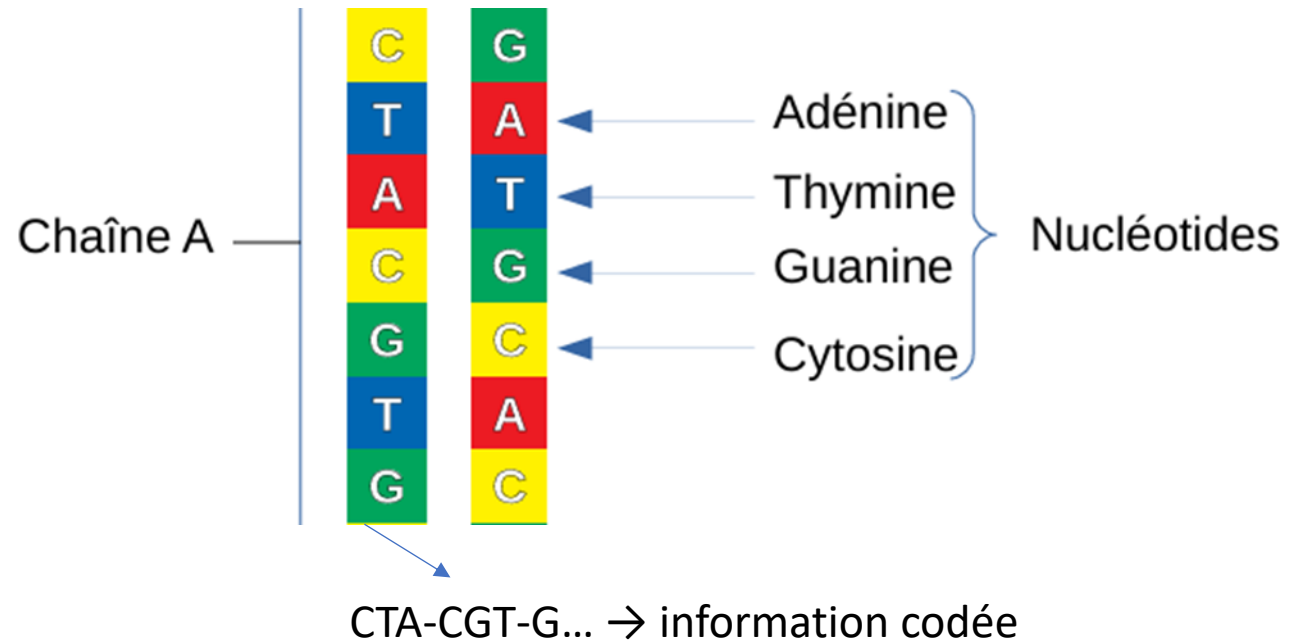
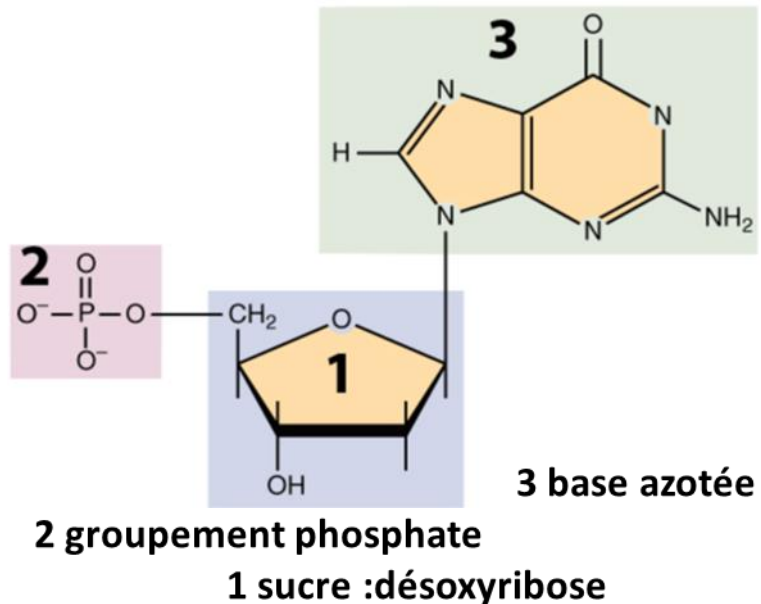
- Tous les êtres vivants (bactéries, champignons, plantes, animaux) possèdent de l'ADN.
- L'ADN contient les instructions nécessaires à la construction et au fonctionnement d'un organisme.

***L'ADN est la molécule universelle de l'information génétique.***



# L'ADN, un code universel

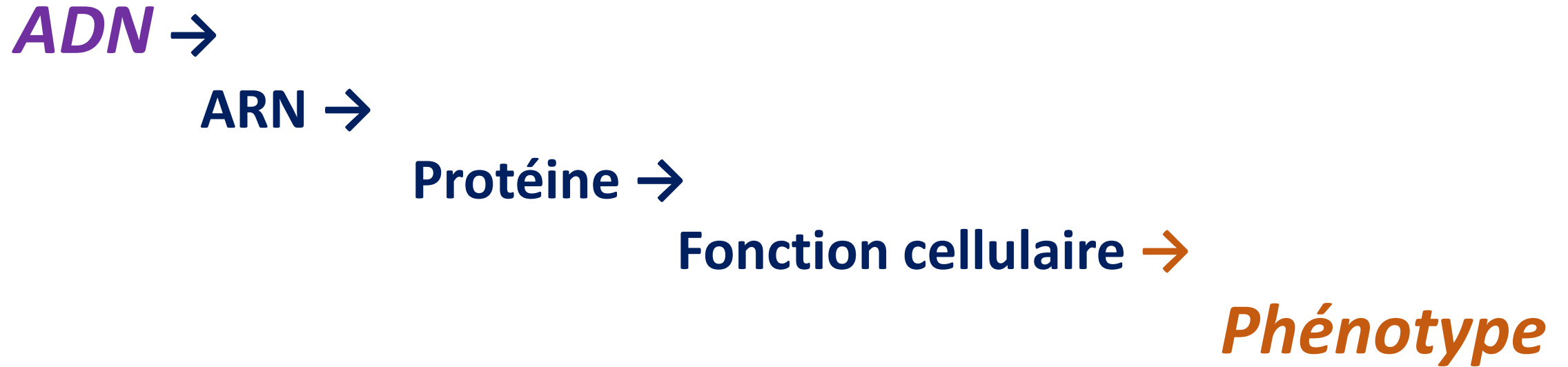
- L'information génétique = séquence des nucléotides
- Universelle chez tous les êtres vivants
- Transmise lors de la reproduction



# Du gène à la protéine

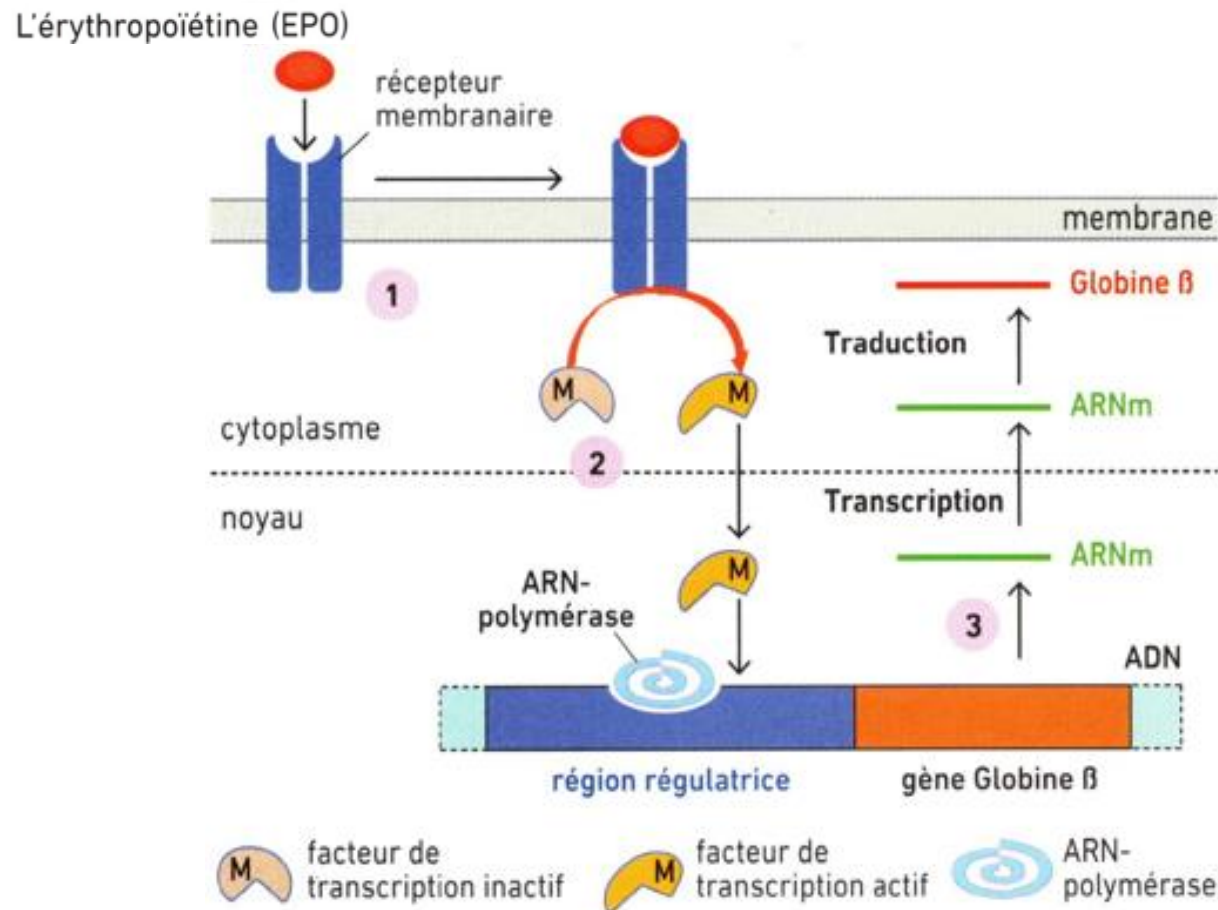
*Le génotype* = ensemble des gènes d'un individu.

*Le phénotype* = ensemble des caractères observables



# Types de protéines

- **Structurales** : kératine, collagène
- **Enzymatiques** : amylase, tyrosinase
- **De transport** : hémoglobine
- **Réceptrices / de signalisation** : hormones et récepteurs hormonaux



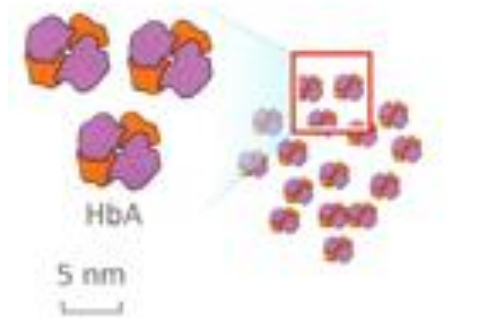
Le schéma ci-contre illustre la succession des événements consécutifs à la fixation de l'EPO sur ces récepteurs. (bordas, Ed.2019,p.111)



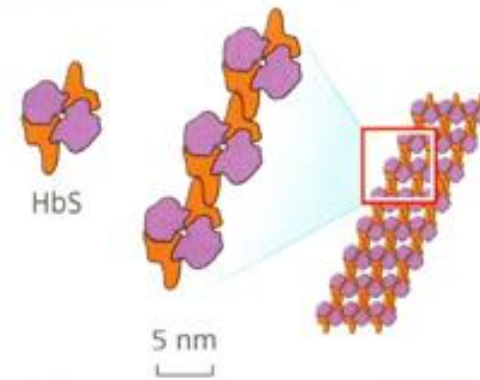


## Phénotypes :

### Moléculaire



Hémoglobine dissoute  
dans le cytoplasme  
de l'hématie



Hémoglobine capable  
de polymériser en fibres  
qui déforment l'hématie

### Cellulaire

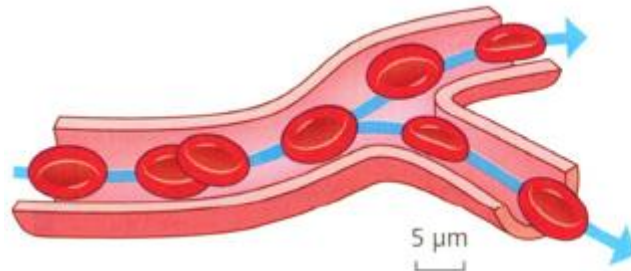


Hématie biconcave

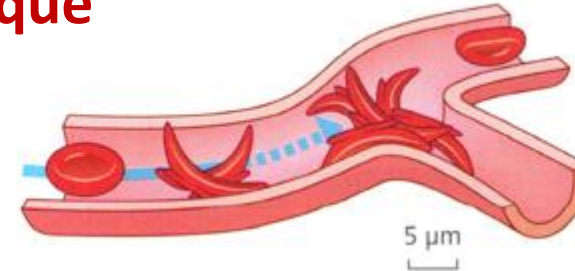


Hématie drépanocytaire

### Macroscopique



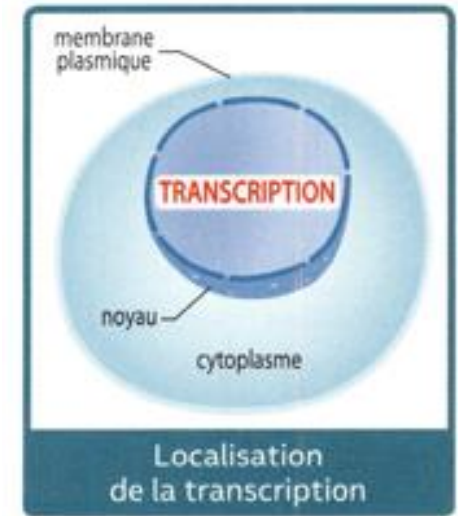
Circulation  
capillaire



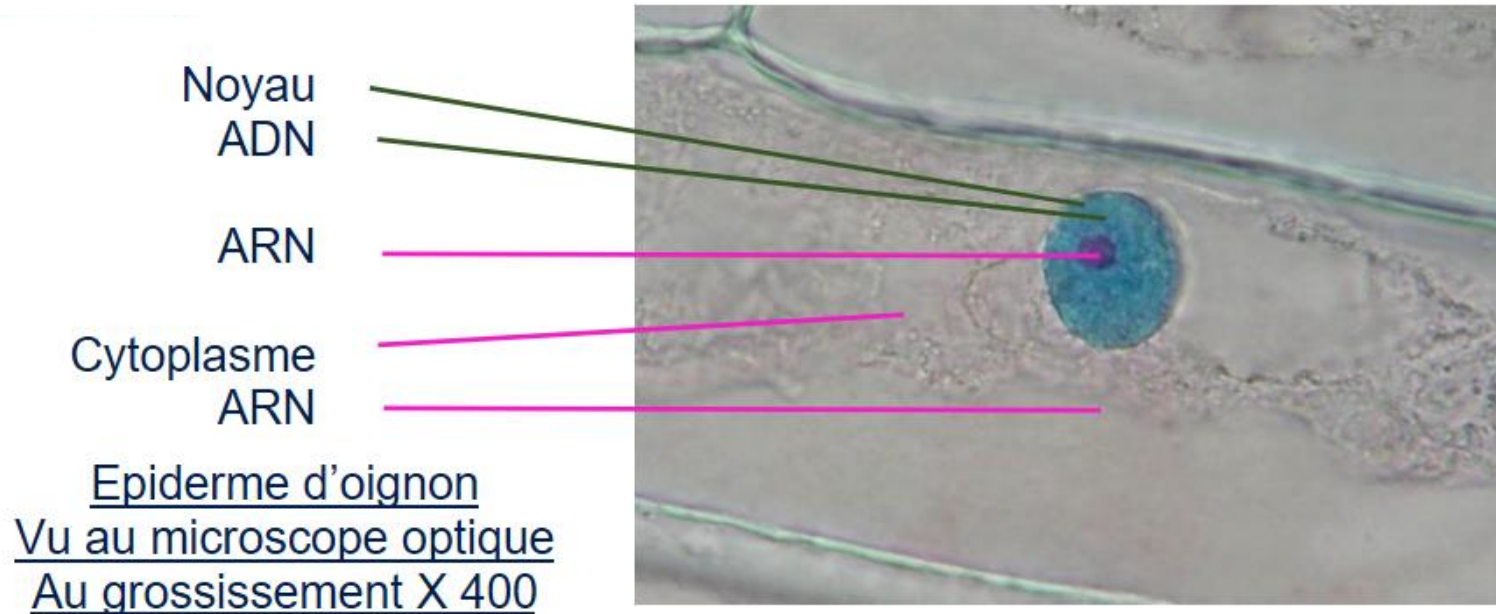
Exemple : la drépanocytose

(d'après Nathan, Ed.2019, p.110-111)

# La transcription : de l'ADN à l'ARN

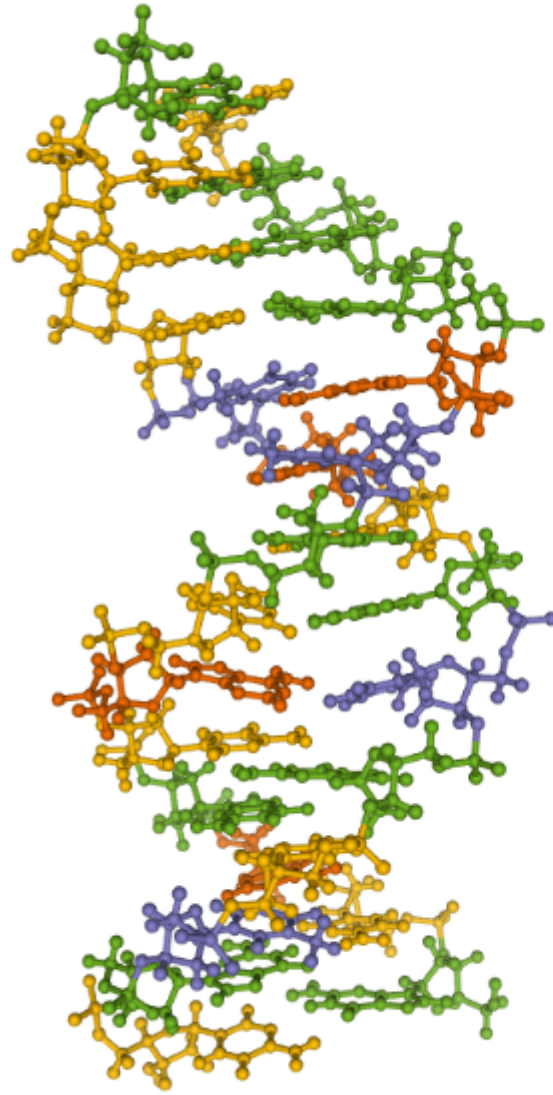


Dans la préparation microscopique de cellules d'oignon coloré au vert de méthyle pyronine, on observe une coloration verte que dans le noyau, c'est l'ADN et une coloration rose dans le cytoplasme et dans les nucléoles du noyau : c'est l'ARN.



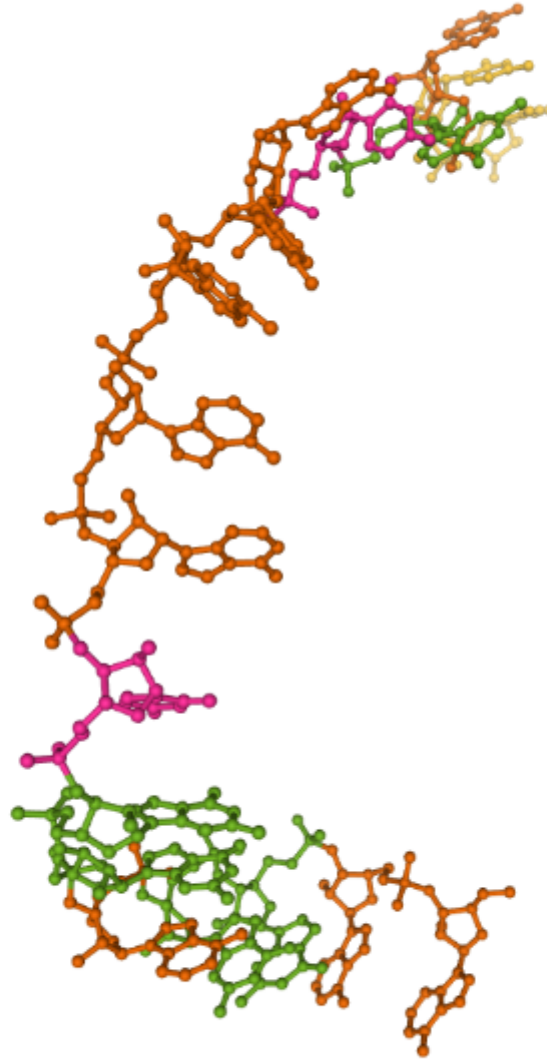


ADN



A C G T

ARN m

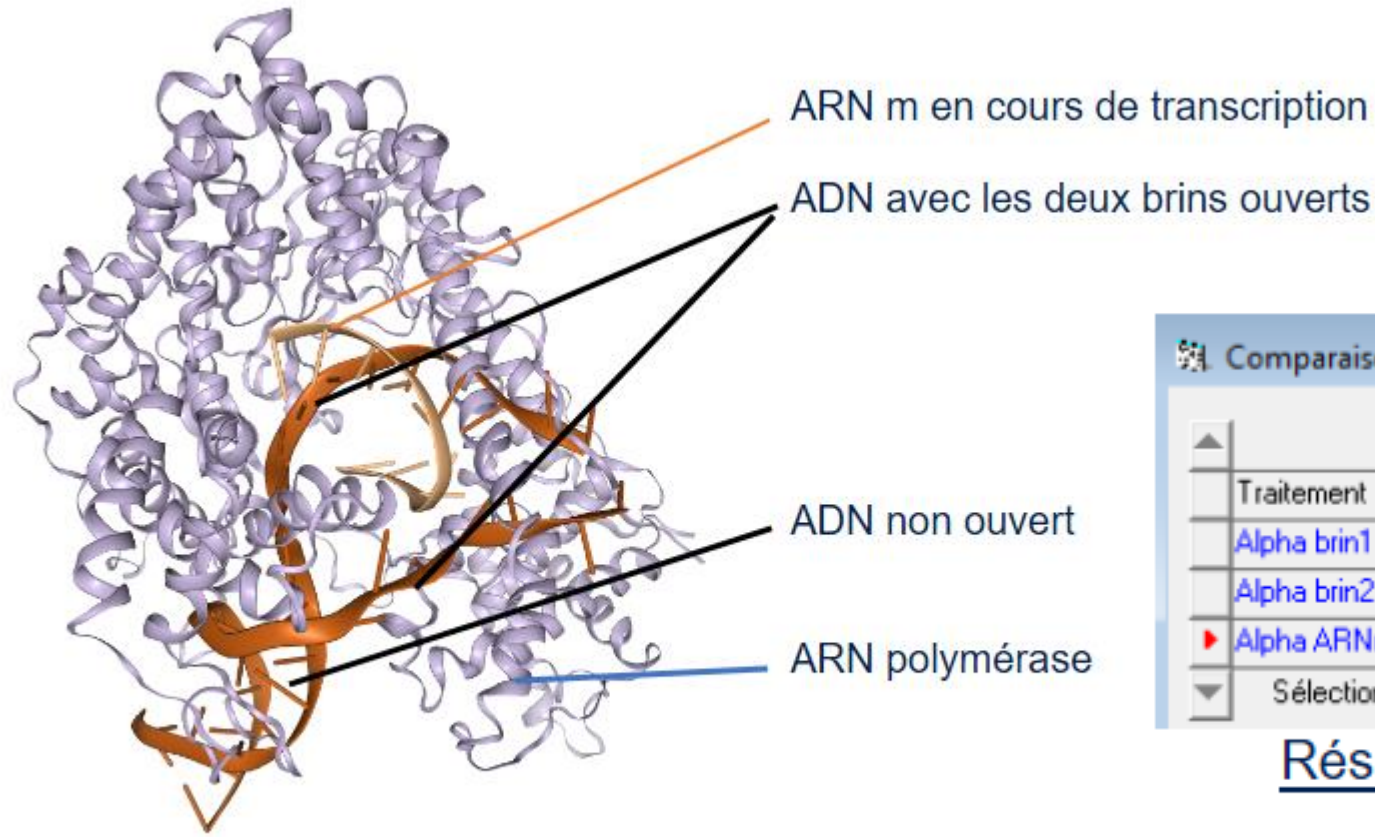


A C G U

Comparaison entre ADN et ARNm

|                  | ADN | ARN m |
|------------------|-----|-------|
| Nombre de Chaîne | 2   | 1     |
| Adénine<br>A     | X   | X     |
| Cytosine<br>C    | X   | X     |
| Guanine<br>G     | X   | X     |
| Thymine<br>T     | X   | O     |
| Uracile<br>U     | O   | X     |

X présent, O absent



ARN polymérase du bactériophage T7 en cours de répliation

Comparaison simple

|                        |     |   |  |       |       |       |
|------------------------|-----|---|--|-------|-------|-------|
|                        |     |   | 1  | 10    | 20    | 30    |
|                        |     |   | .....                                    | ..... | ..... | ..... |
| Traitement             | ◀ ▶ | 0 | Comparaison simple de séquences d'ARN    |       |       |       |
| Alpha brin1            | ◀ ▶ | 0 | ATGGTGCTGTCTCCTGCCGACAAGACCAACGTC AAGGCC |       |       |       |
| Alpha brin2            | ◀ ▶ | 0 | TACCACGACAGAGGACGGCTGTTCTGGTTGCAGTTCCGG  |       |       |       |
| Alpha ARNm codant      | ◀ ▶ | 0 | -U--U--U-U-U--U-----U-----               |       |       |       |
| Sélection : 0/4 lignes |     |   | ◀  |       |       |       |

## Résultats obtenus avec le logiciel ANAGENE

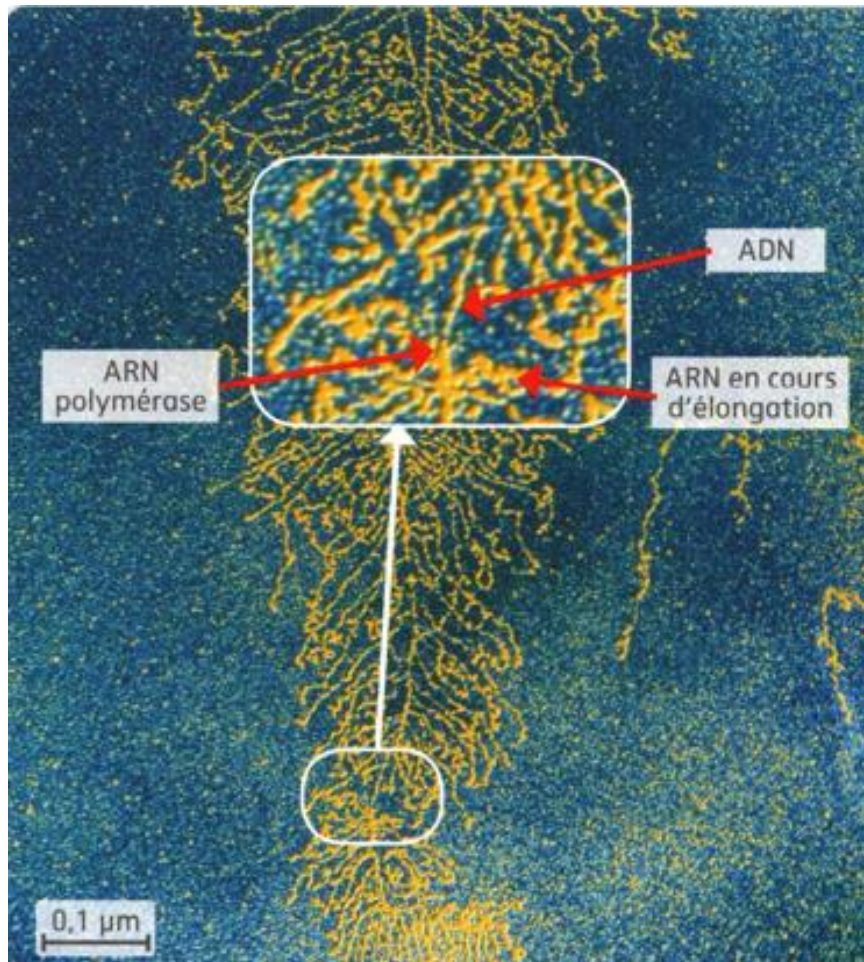
Alpha 1  
ARNm  
Alpha 2

ATG GTG  
AUG GUG  
TAC CAC

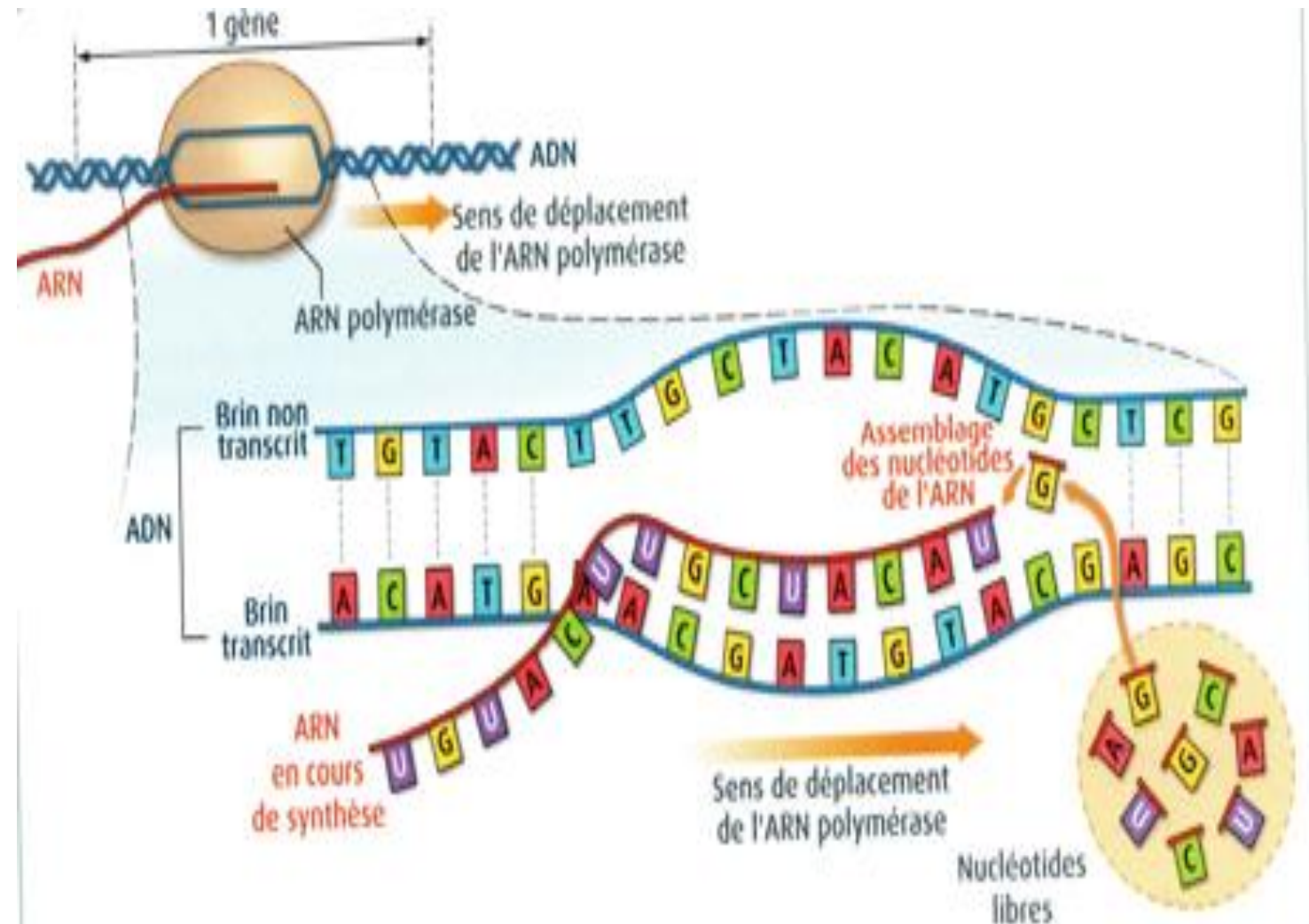
brin non transcrit, brin codant

**brin transcrit ou matrice complémentaire de l'ARNm**

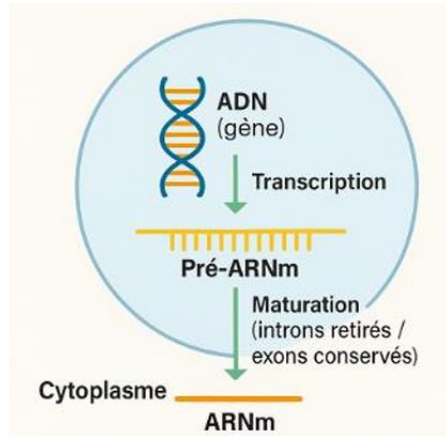




Électronographie de molécules d'ARN en cours de synthèse par transcription de l'ADN dans le noyau (MET). De nombreuses enzymes ARN polymérases transcrivent simultanément le même gène par complémentarité des bases. (Nathan, Ed.2019,p.107)

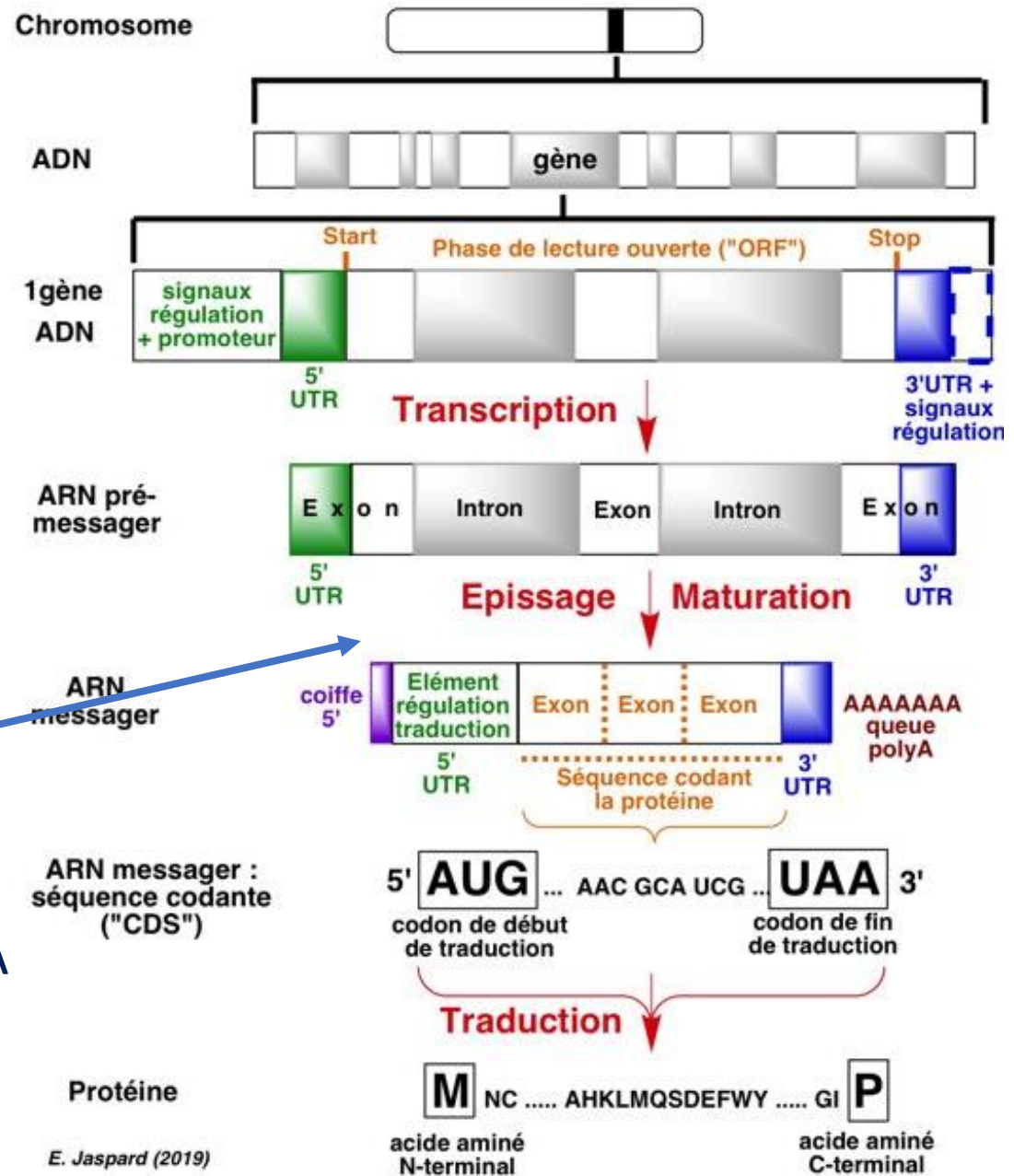


# Maturation de l'ARNm

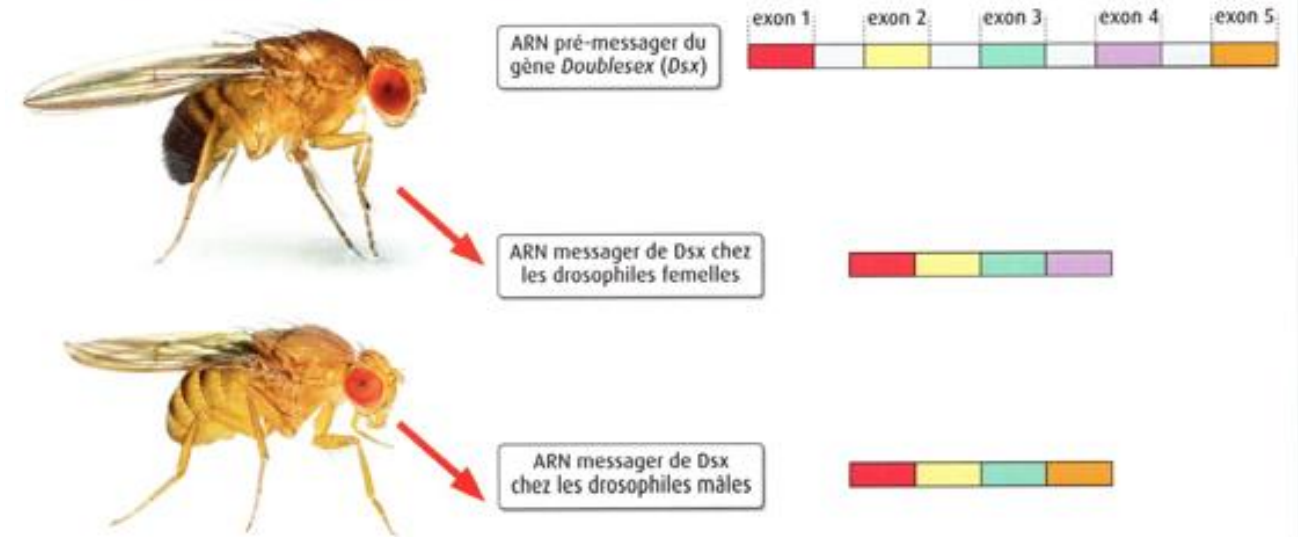
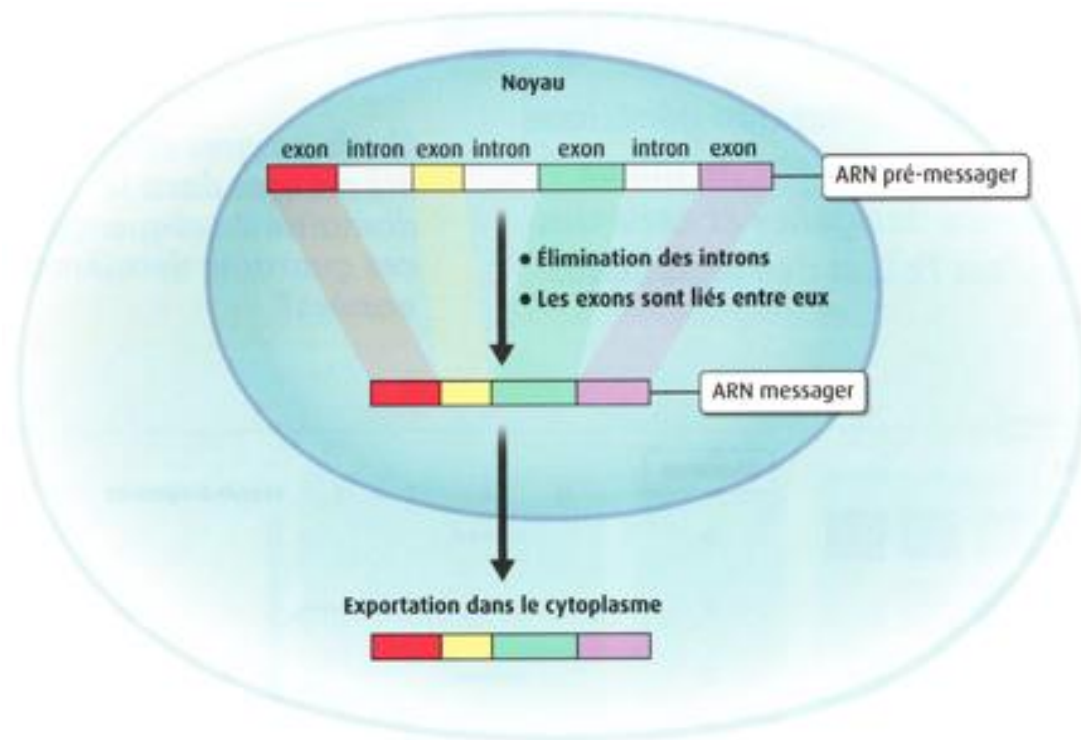


Chez les eucaryotes :

- Retrait des introns
- Conservation des exons
- Ajout d'une coiffe et d'une queue poly-A



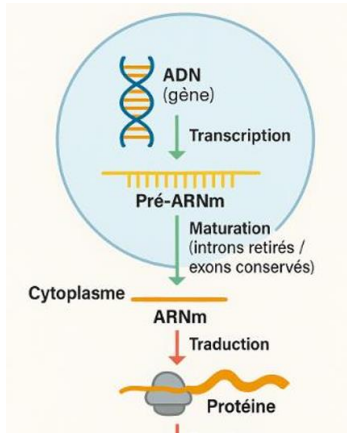




**Les modifications de l'ARN pré-messenger du gène *Doublesex (Dsx)* chez la drosophile.** Ce gène est impliqué dans la différenciation sexuelle chez cet insecte. Grâce aux techniques de séquençage, on a pu déterminer la séquence de l'ADN du gène *Dsx* et la séquence de l'ARN messenger *Dsx* chez des drosophiles mâles et des drosophiles femelles. On a pu en déduire les modifications subies par l'ARN pré-messenger dans les deux cas.

(d'après Belin, Ed.2019,p.73)



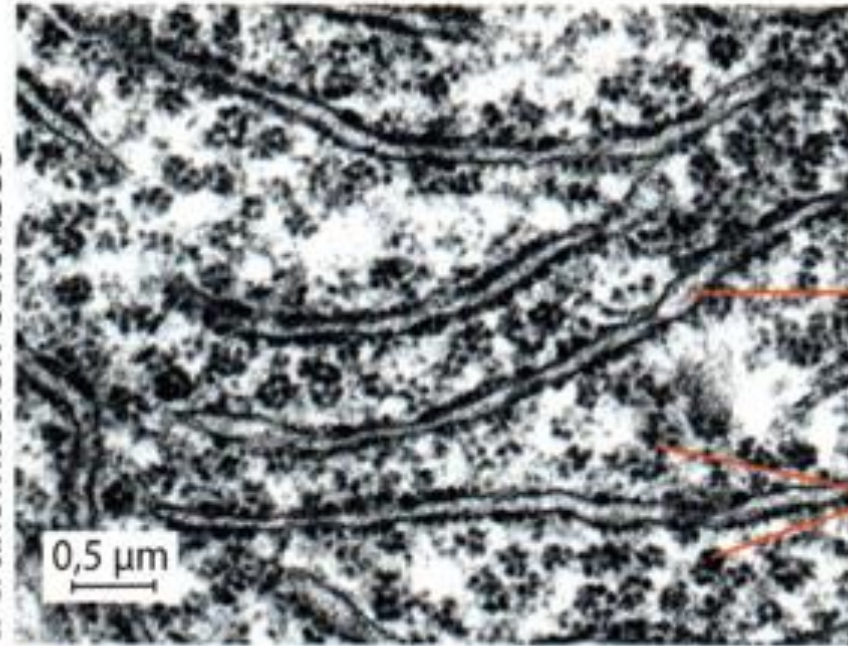


# Traduction : de l'ARNm à la protéine

En 1948, Albert Claude, médecin biologiste belge, découvre de petits granules dans le cytoplasme des cellules, parfois associés au réticulum endoplasmique (organe des cellules eucaryotes). En 1950, Henry Borsook montre que ces granules sont le siège de la synthèse des protéines et sont les **ribosomes**.

(Hachette, Ed.2019,p,74)

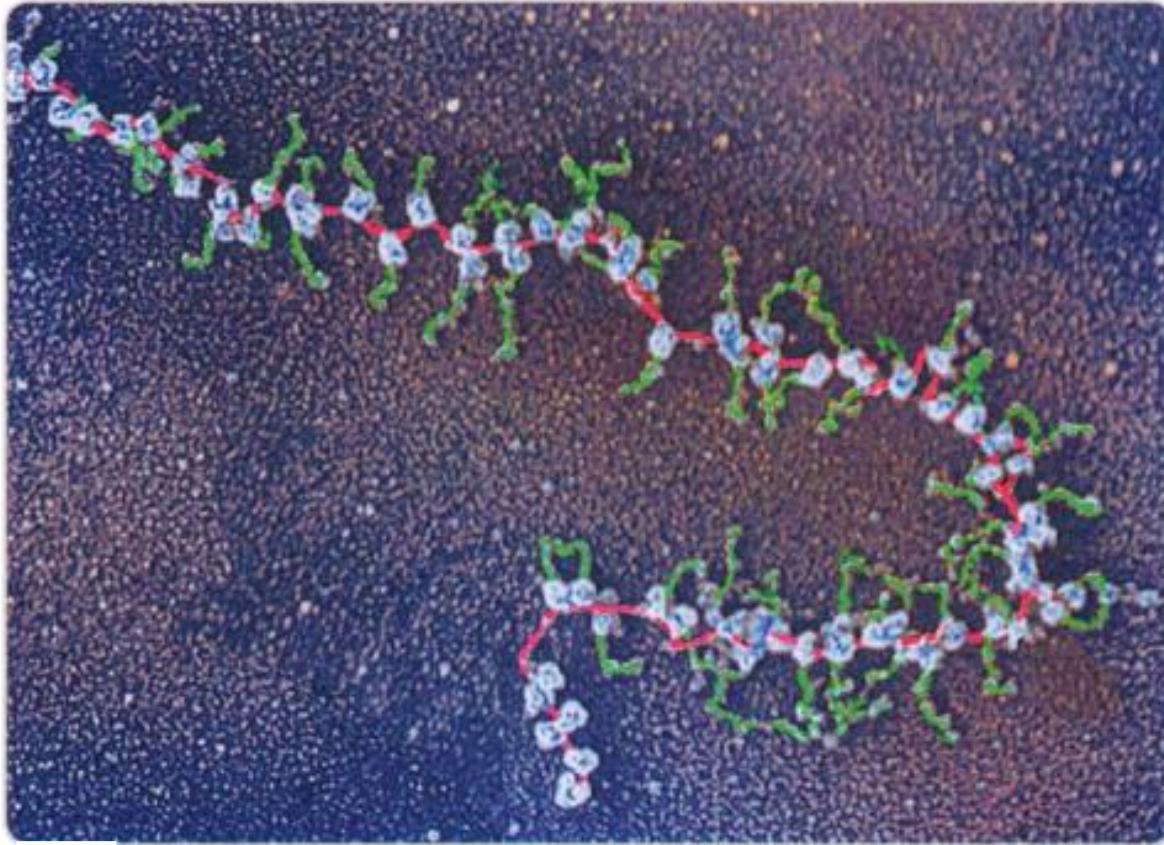
Microscopie électronique  
à transmission colorisée



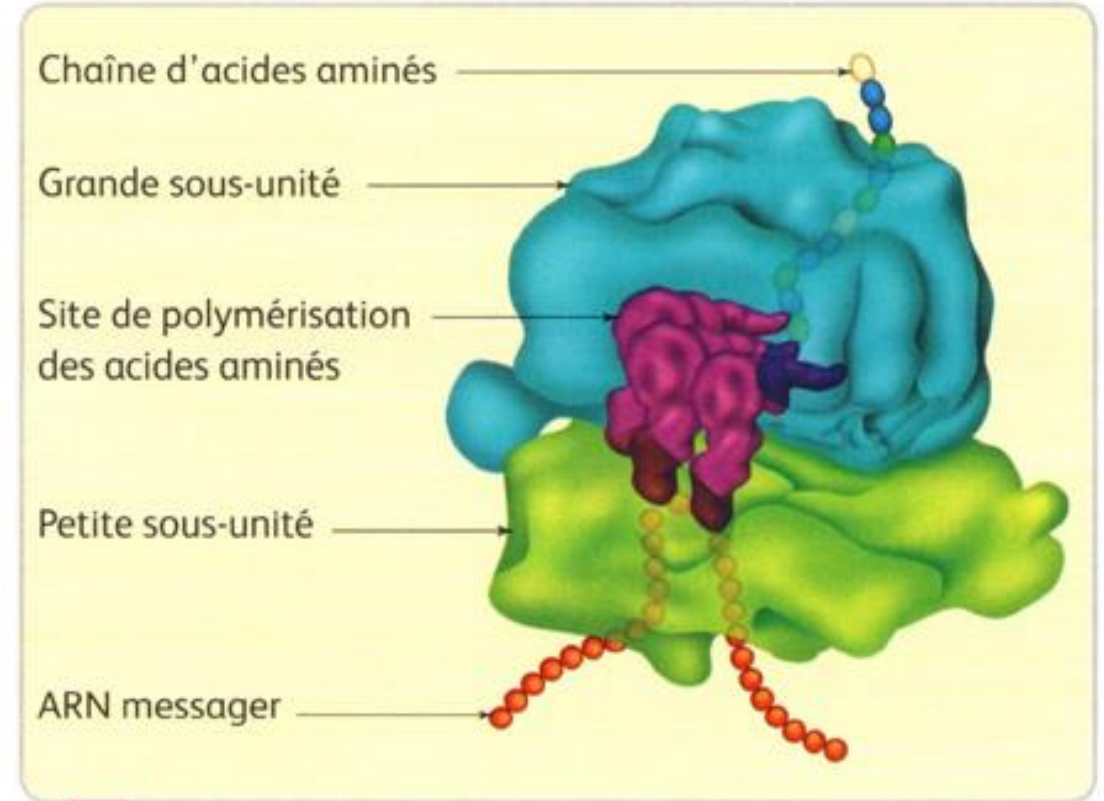
réticulum  
endoplasmique

ribosomes

Ribosomes dans le cytoplasme ou  
fixés sur le réticulum endoplasmique



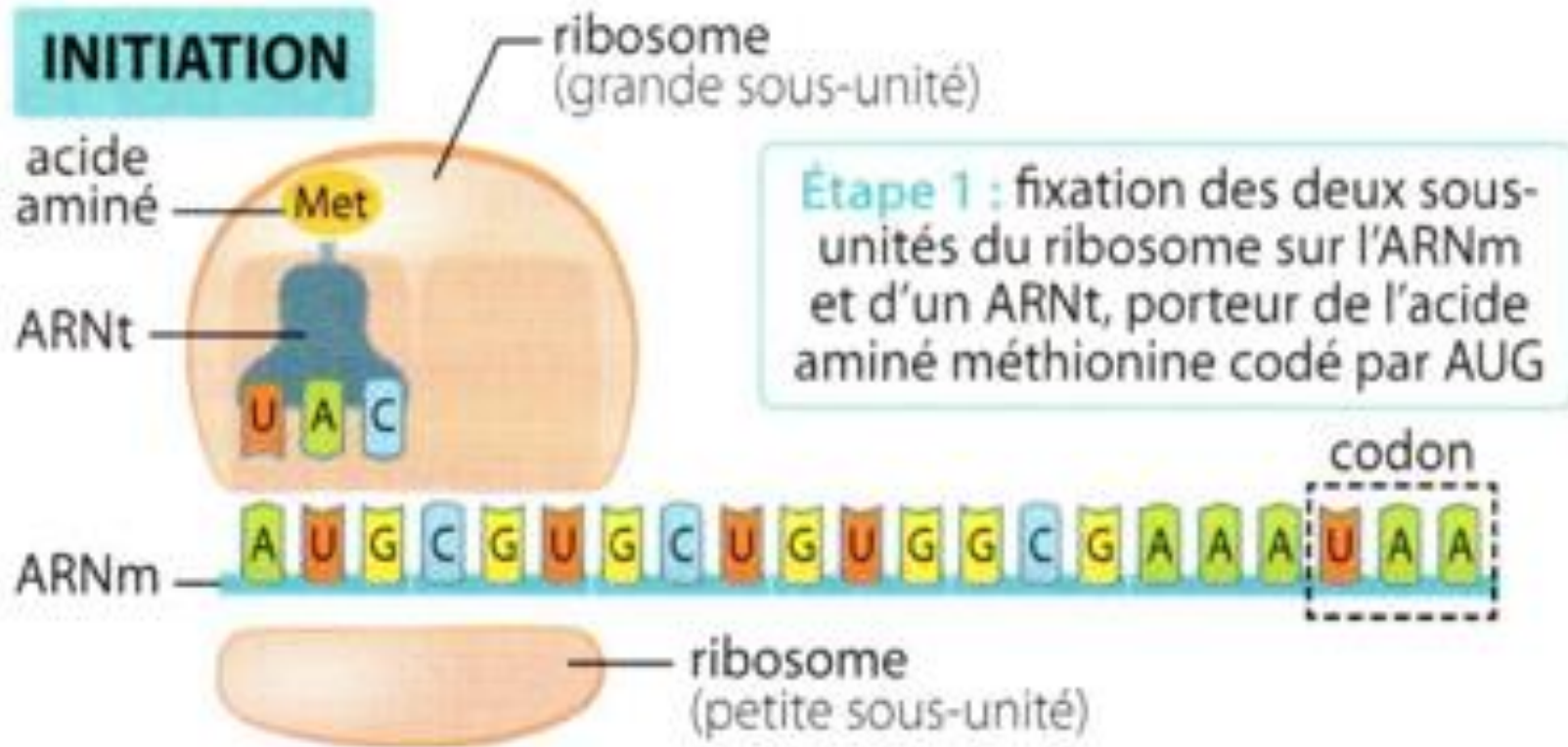
**Électronographie de ribosomes (en bleu) en cours de traduction d'un ARNm (en rouge). Les protéines synthétisées sont en vert. (MEB, image colorisée).**



**Représentation 3D d'un ribosome constitué de deux sous-unités assemblées. Le glissement d'un ribosome sur l'ARN messenger permet l'assemblage des acides aminés par liaison peptidique dans l'ordre déterminé par l'ARN.**

(Nathan, Ed.2019,p.109)





(Hachette, Ed.2019,p,74)

|  |   |                          |                          |                            |                           |   |
|--|---|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---|
|  |   | Seconde base             |                          |                            |                           |   |
|  |   | U                        | C                        | A                          | G                         |   |
| P<br>r<br>e<br>m<br>i<br>è<br>r<br>e<br>b<br>a<br>s<br>e | U | Phe<br>Phe<br>Leu<br>Leu | Ser<br>Ser<br>Ser<br>Ser | Tyr<br>Tyr<br>STOP<br>STOP | Cys<br>Cys<br>STOP<br>Trp | U<br>C<br>A<br>G  |
|  | C | Leu<br>Leu<br>Leu<br>Leu | Pro<br>Pro<br>Pro<br>Pro | His<br>His<br>Gln<br>Gln   | Arg<br>Arg<br>Arg<br>Arg  | U<br>C<br>A<br>G  |
|  | A | Ile<br>Ile<br>Ile<br>Met | Thr<br>Thr<br>Thr<br>Thr | Asn<br>Asn<br>Lys<br>Lys   | Ser<br>Ser<br>Arg<br>Arg  | U<br>C<br>A<br>G  |
|  | G | Val<br>Val<br>Val<br>Val | Ala<br>Ala<br>Ala<br>Ala | Asp<br>Asp<br>Glu<br>Glu   | Gly<br>Gly<br>Gly<br>Gly  | U<br>C<br>A<br>G  |
|  |   |                          |                          |                            |                           | T<br>r<br>o<br>i<br>s<br>i<br>è<br>m<br>e<br>b<br>a<br>s<br>e |

UUU ←

GAC ←

**Le code génétique est le système de correspondance codon ↔ acide aminé :**

- universel (valable pour presque tous les êtres vivants),
- redondant (plusieurs codons codent pour un même acide aminé),
- non chevauchant (chaque nucléotide appartient à un seul codon).

# Les 20 acides aminés

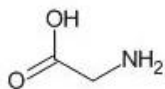
## Glycine

Gly, G

$C_2H_5NO_2$

75Da

57,05 g/mol



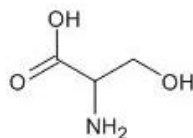
## Sérine

Ser, S

$C_3H_7NO_3$

105Da

87,08 g/mol



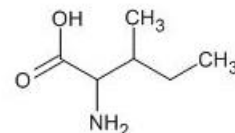
## Isoleucine

Ile, I

$C_6H_{13}NO_2$

131Da

113,16 g/mol



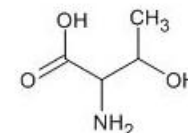
## Thréonine

Thr, T

$C_4H_9NO_3$

119Da

101,11 g/mol



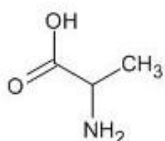
## Alanine

Ala, A

$C_3H_7NO_2$

89Da

71,09 g/mol



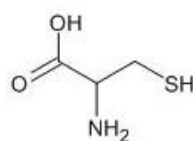
## Cystéine

Cys, C

$C_3H_7NO_2S$

121Da

103,15 g/mol



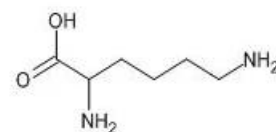
## Lysine

Lys, K

$C_6H_{14}N_2O_2$

146Da

128,17 g/mol



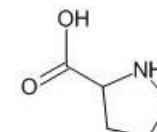
## Proline

Pro, P

$C_5H_9NO_2$

115Da

97,12 g/mol



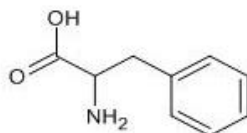
## Phénylalanine

Phe, F

$C_9H_9NO_2$

165Da

147,18 g/mol



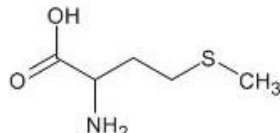
## Méthionine

Met, M

$C_5H_{11}NO_2S$

149Da

131,19 g/mol



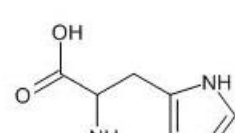
## Histidine

His, H

$C_5H_9N_3O_2$

155Da

137,14 g/mol



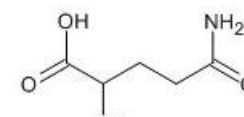
## Glutamine

Gln, Q

$C_5H_{10}N_2O_3$

146Da

128,14 g/mol



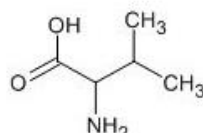
## Valine

Val, V

$C_5H_{11}NO_2$

117Da

99,14 g/mol



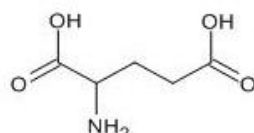
## Acide glutamique

Glu, E

$C_5H_9NO_4$

147Da

129,12 g/mol



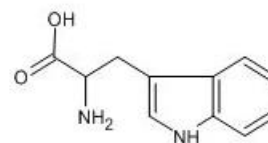
## Tryptophane

Trp, W

$C_{11}H_{12}N_2O_2$

204Da

186,21 g/mol



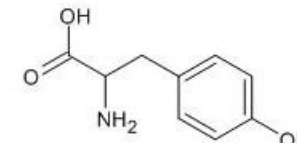
## Tyrosine

Tyr, Y

$C_9H_9NO_3$

181Da

163,18 g/mol



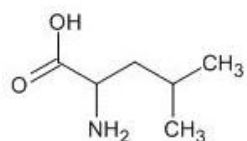
## Leucine

Leu, L

$C_6H_{13}NO_2$

131Da

113,16 g/mol



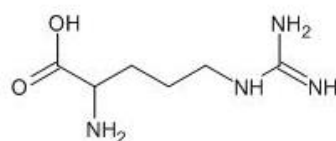
## Arginine

Arg, R

$C_6H_{14}N_4O_2$

174Da

156,19 g/mol



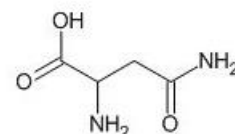
## Asparagine

Asn, N

$C_4H_8N_2O_3$

132Da

114,11 g/mol



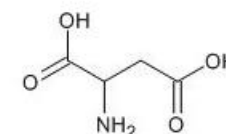
## Acide aspartique

Asp, D

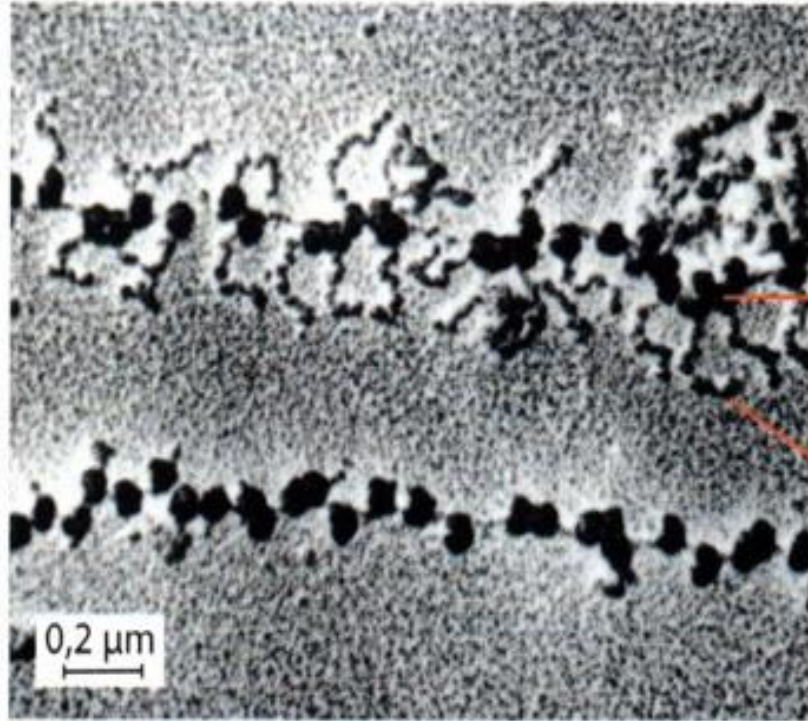
$C_4H_7NO_4$

133Da

115,09 g/mol







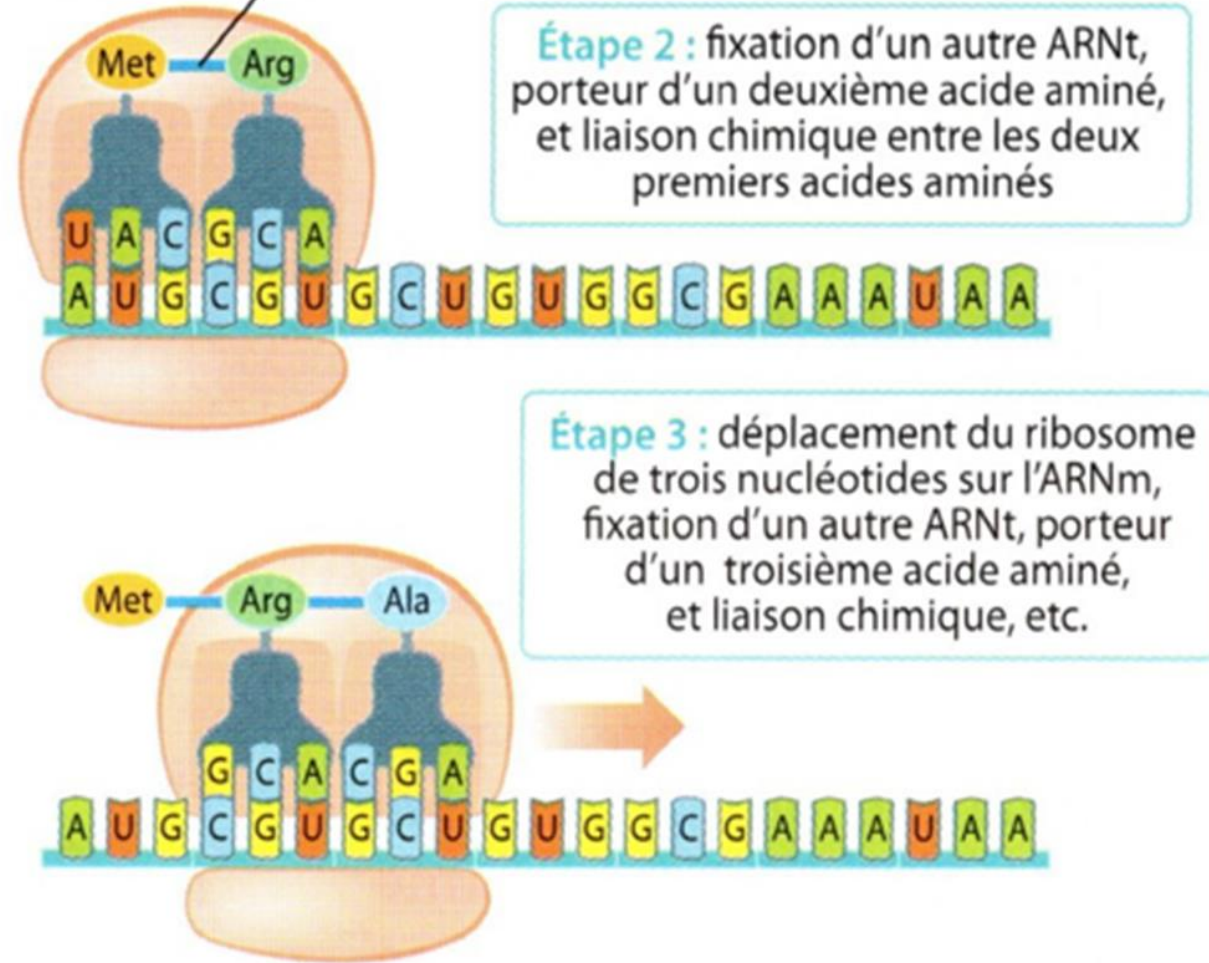
ribosome

polypeptide

Un ARNm en cours de traduction

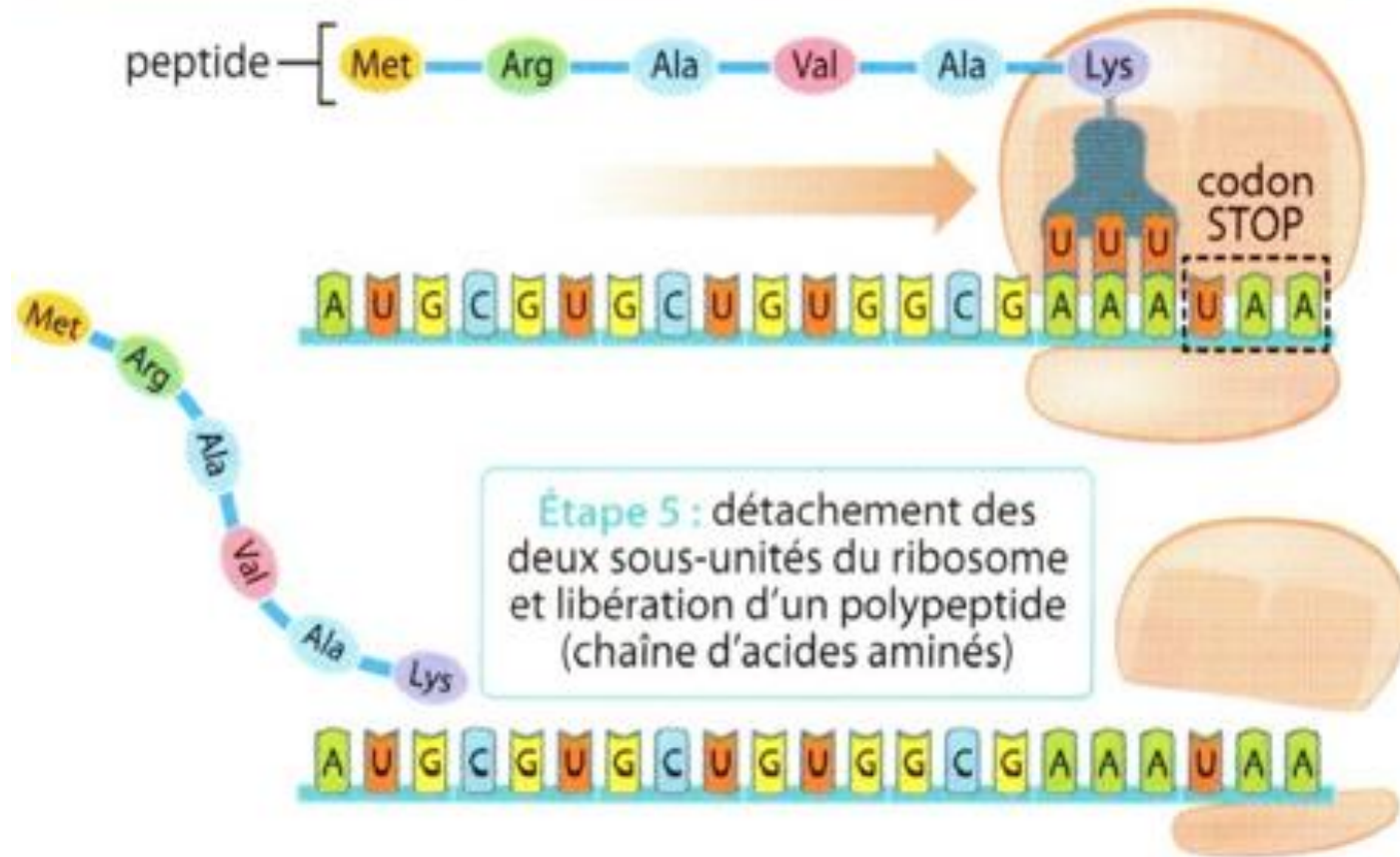
## ÉLONGATION

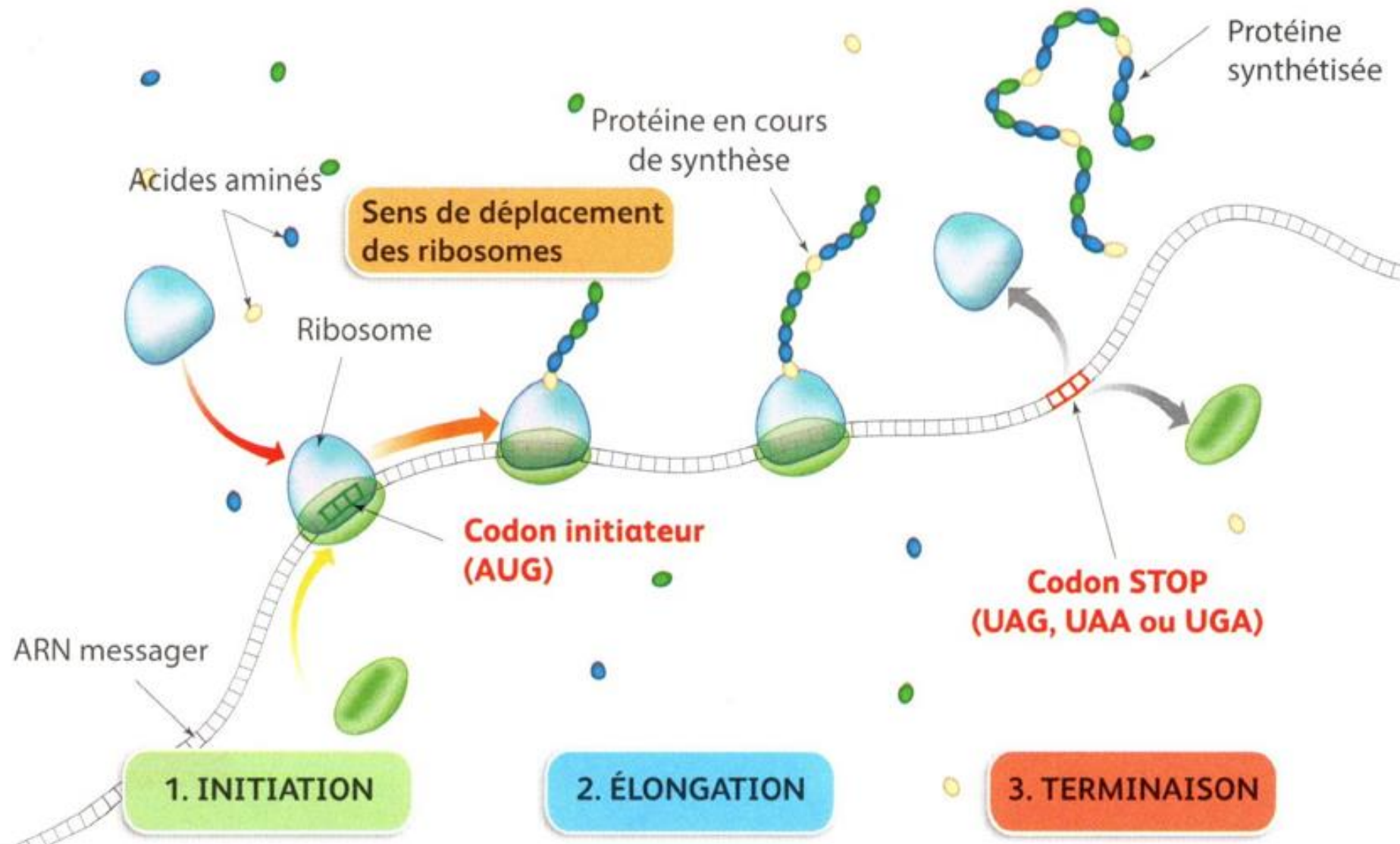
liaison chimique



## TERMINAISON

Étape 4 : fin de la synthèse par un codon STOP







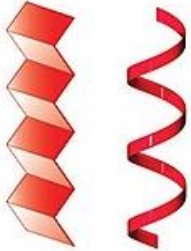
# Formation d'une chaîne polypeptidique

→ repliement

→ protéine

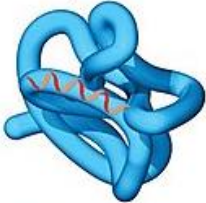


structure primaire

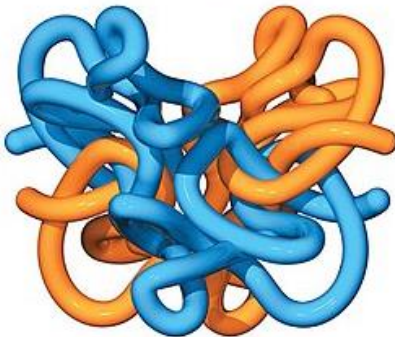


structure secondaire

feuillet  $\beta$  hélice  $\alpha$ .



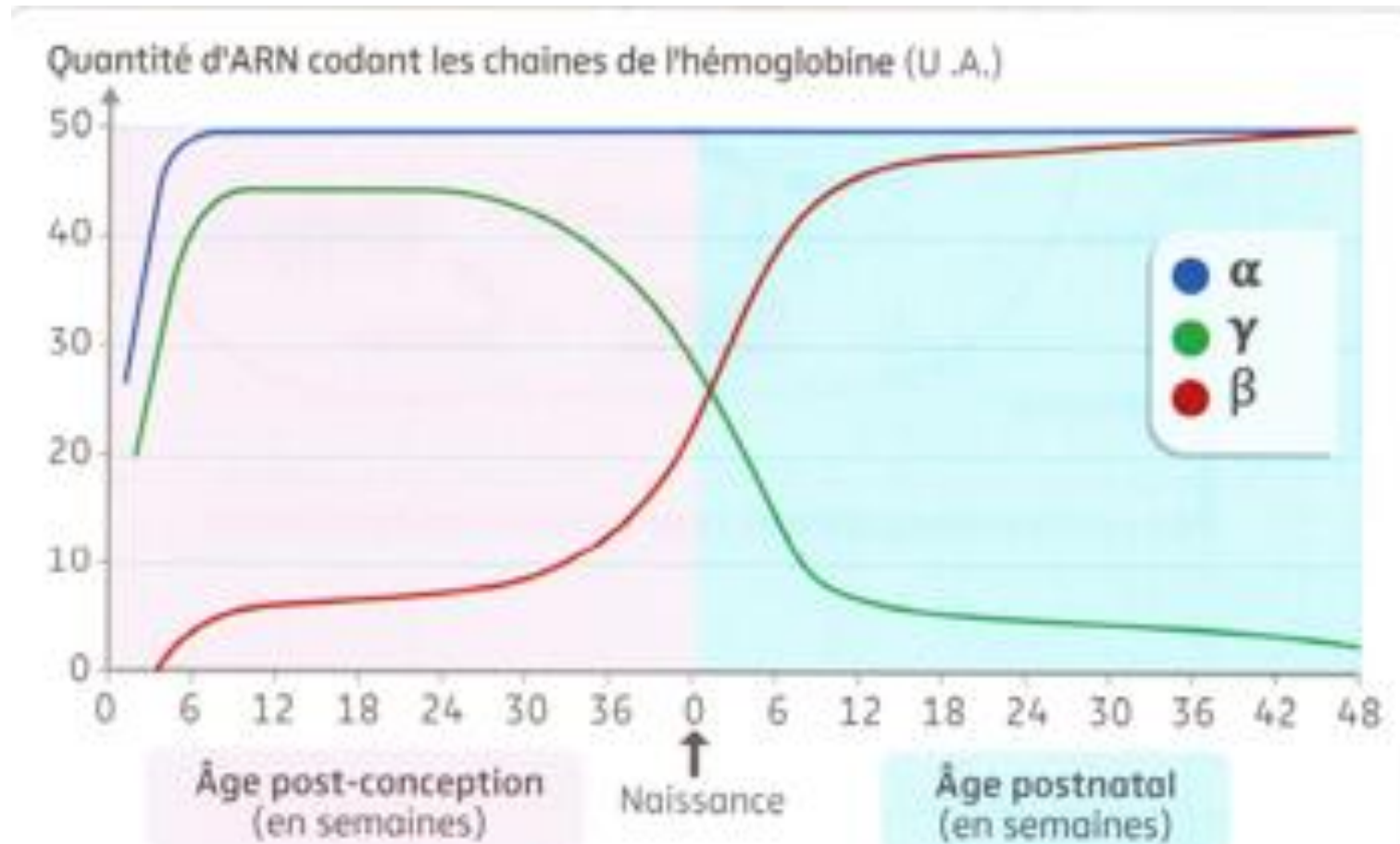
structure tertiaire



structure quaternaire

# Régulation de l'expression génétique

Pendant le développement : certains gènes sont activés à des moments précis

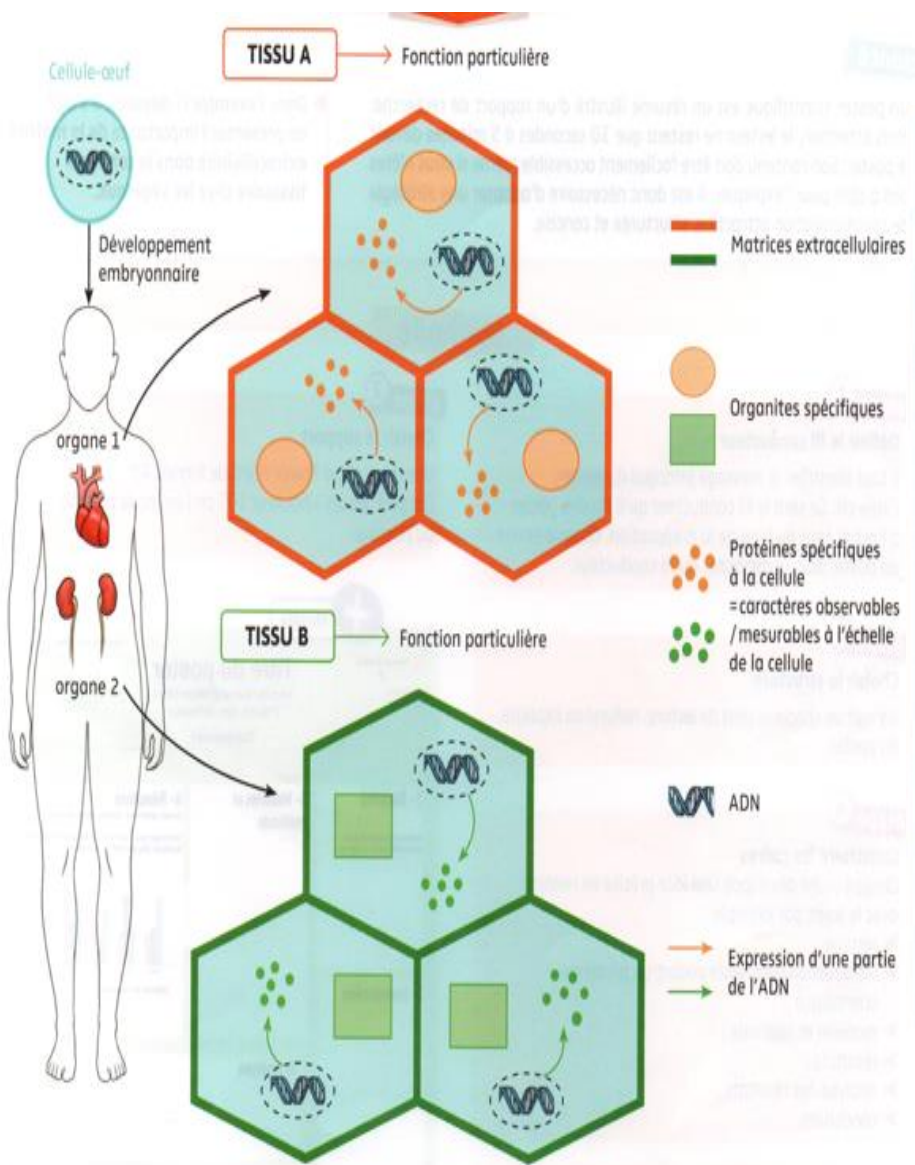




# Selon l'environnement et le mode de vie



# Cette régulation permet : la spécialisation cellulaire

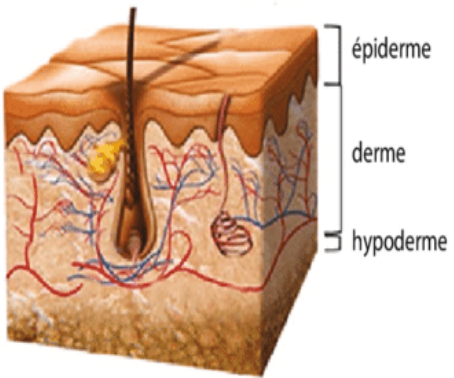


| Tissu  | Nerveux  | Musculaire   | Endocrine (tissu à l'origine de la sécrétion hormonale)       |
|--|--|--|---|
| Type cellulaire  | Cellules nerveuses (synapse)   | Cellules musculaires   | Cellules des îlots de Langerhans                              |
| Fonction   | Transmission d'un message nerveux  | Contraction musculaire   | Régulation de la glycémie                                     |
| Structure des cellules au microscope électronique à transmission |  |  |   |
| Molécule produite  | Acétylcholine  | Actine et myosine  | Glucagon  |
| Rôle de la molécule produite                                     | Neurotransmetteur : molécule transmettant un message nerveux d'un neurone à une autre cellule (dans ce cas à une cellule musculaire) | Molécules dont le glissement l'une sur l'autre provoque le changement de longueur de la cellule musculaire | Hormone : molécule informative (dans ce cas, hyperglycémiant) |

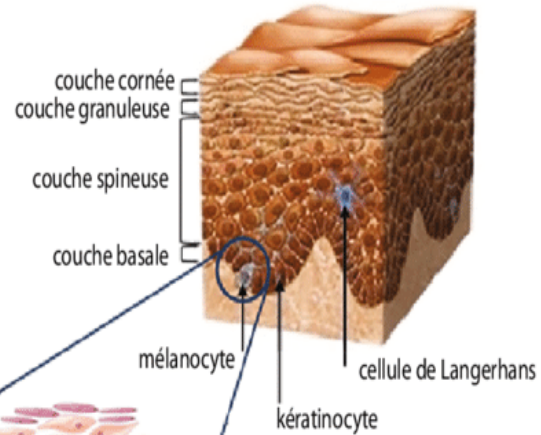
(Nathan, Ed.2019,p.15-35)

## Cette régulation permet : l'adaptation à l'environnement

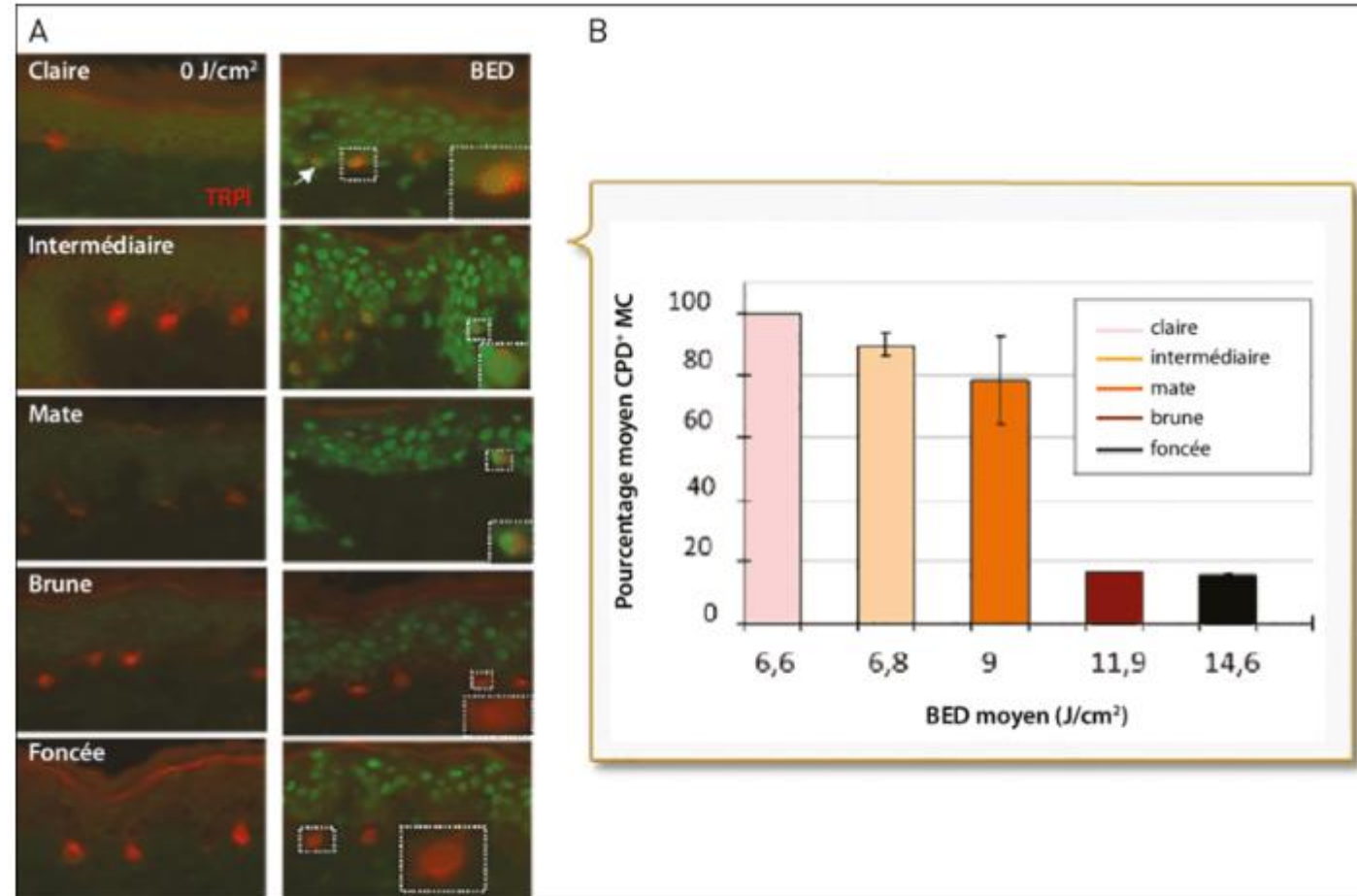
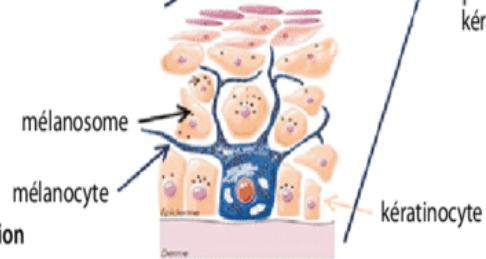
A) La peau



B) L'épiderme



C) L'unité de pigmentation



A) Accumulation des CPD dans les mélanocytes après exposition UV. B) Quantification des mélanocytes CPD positifs à la BED. Source : Del Bino S., Sok J., Bernerd F. (2013). British J. Dermatol., 168 (5) : 1120-3.



