

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 ?*

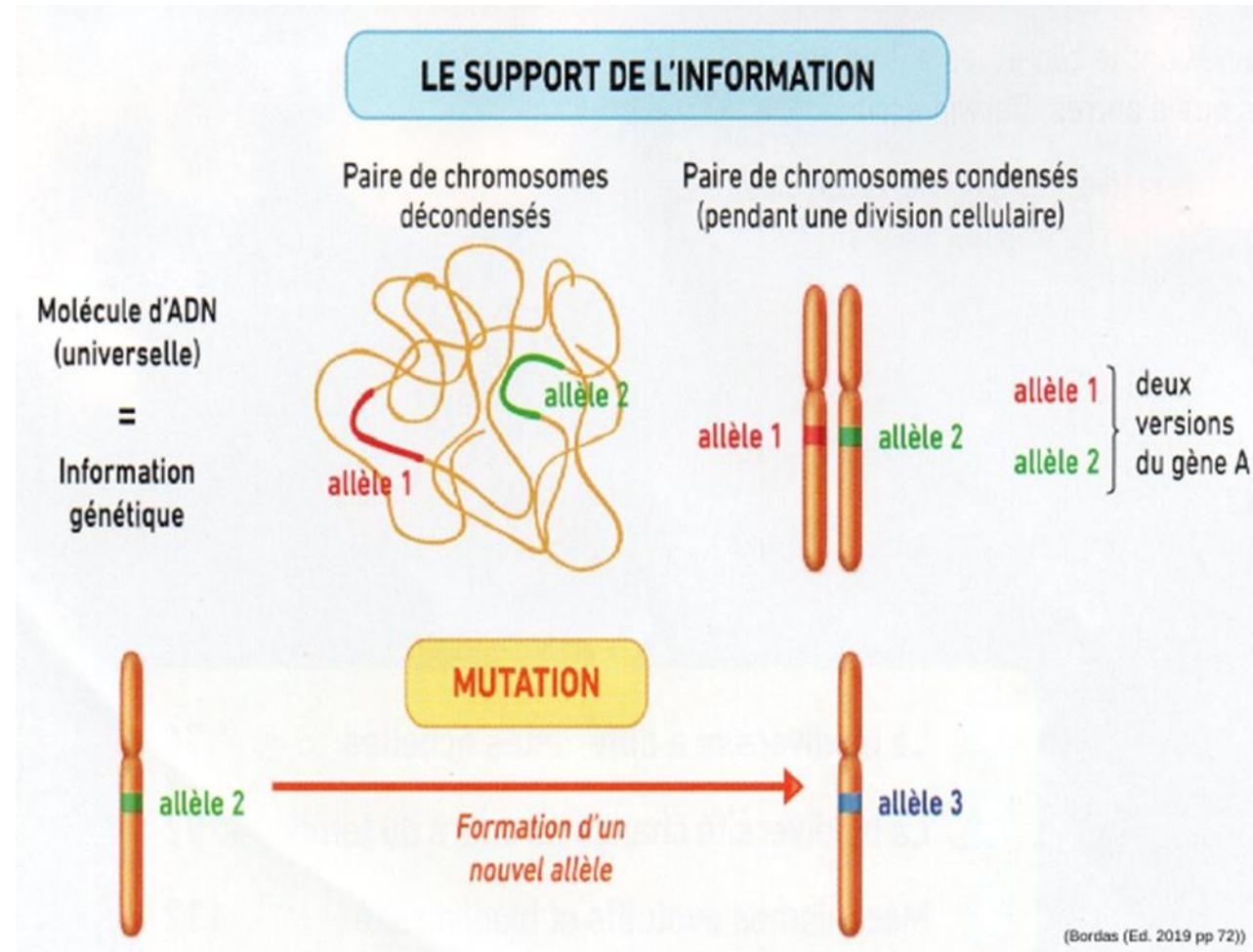


Des coquilles de *Donax variabilis* présentant
des phénotypes différents. (Nathan, Ed.2019,p.101)

Une molécule universelle : l'ADN

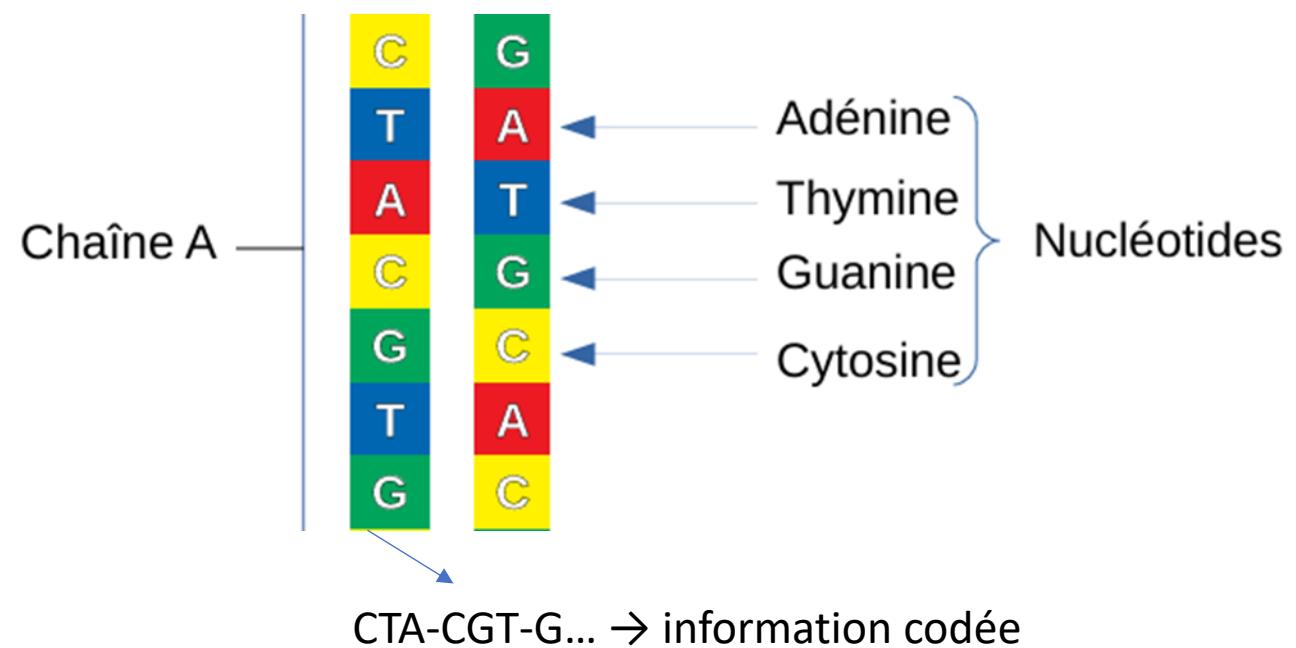
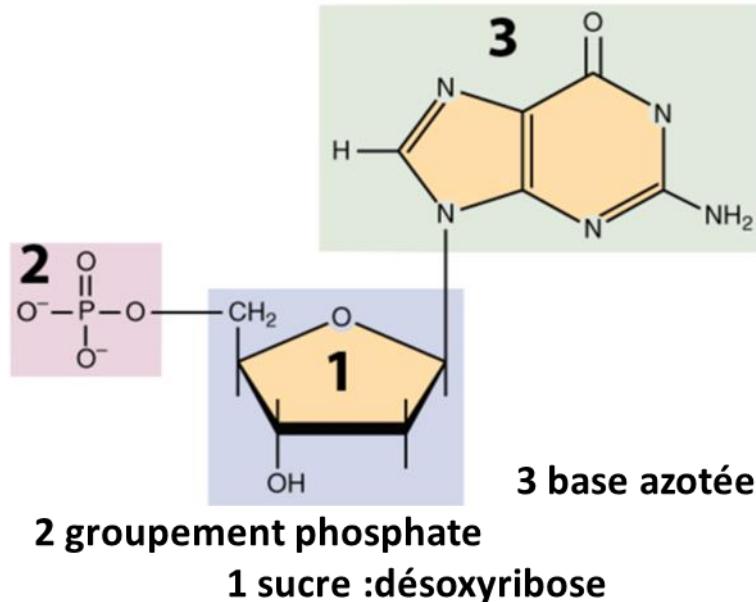
- Tous les êtres vivants (bactéries, champignons, plantes, animaux) possèdent de l'ADN.
- L'ADN contient les instructions nécessaires à la construction et au fonctionnement d'un organisme.

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

ADN →

ARN →

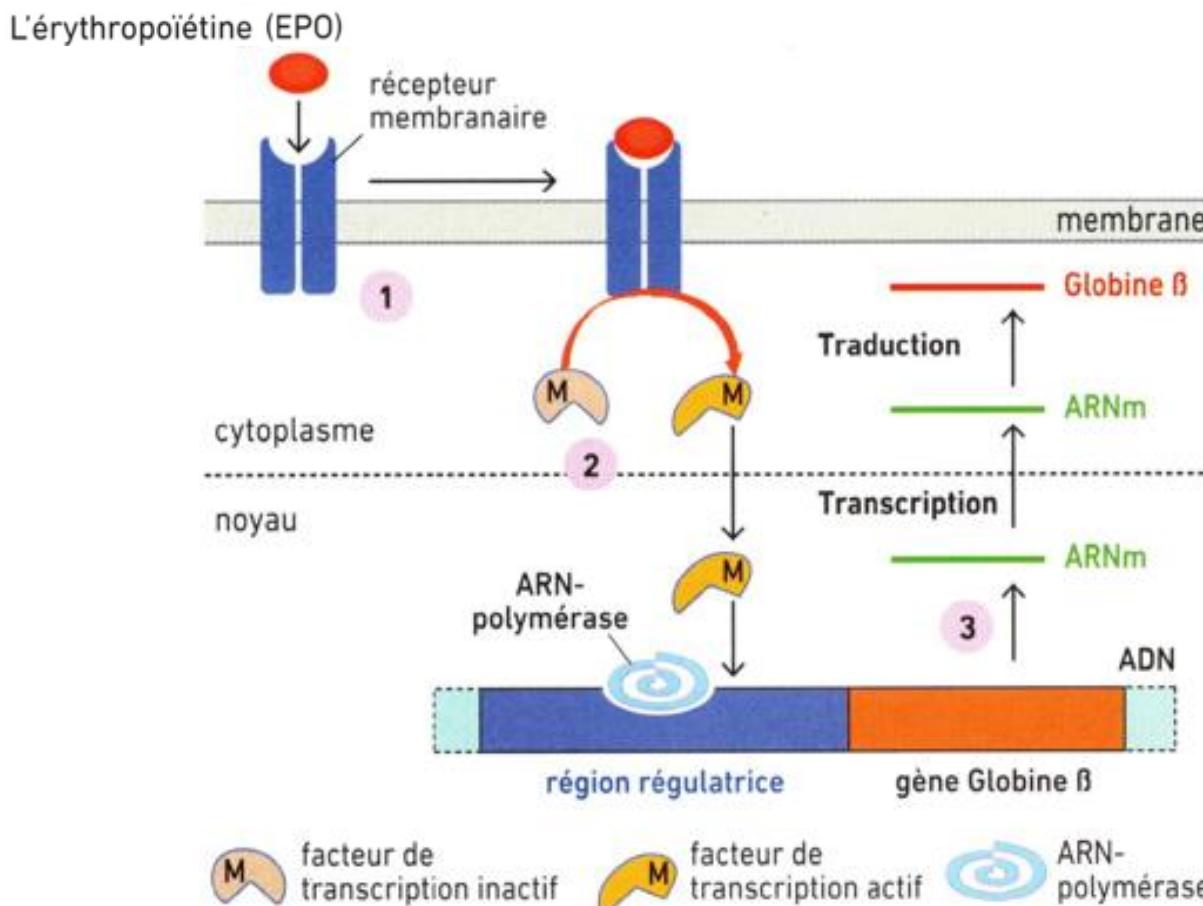
Protéine →

Fonction cellulaire →

Phénotype

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)

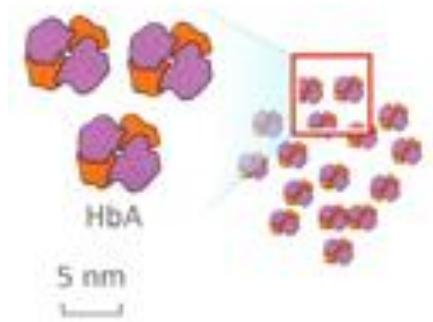
Génotype {
Phénotype {

		1	10	20	30	40	50	60	
Traitement	◀ ▶ 0	Comparaison simple de séquences d'ADN							
betacod.adn	◀ ▶ 0	ATGGTGCACCTGACTCCTGAG	GAGAAGTCTGCCGTTACTGCCCTGTGGGGCAAGGTGAACGTGGAT						
drepcod.adn	◀ ▶ 0			T					
Traitement	◀ ▶ 0	Comparaison simple de séquences peptidiques							
beta.pro	▶ 0	MetValHisLeuThrProGluGluLysSerAlaValThrAlaLeuTrpGlyLysValAsnValAspI							
drep.pro	◀ ▶ 0	- - - - -	Val	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	
▼ Sélection : 0/6 lignes		◀							

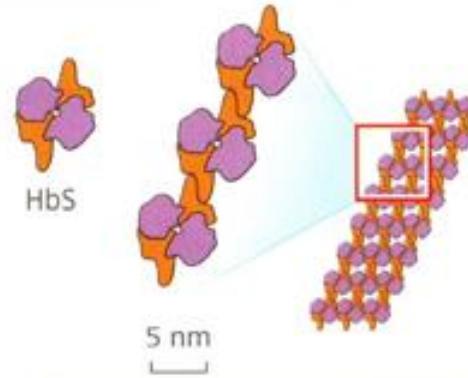
Comparaison des séquences des allèles (HbA et HbS) et des globines
qu'ils codent (logiciel Anagène). (d'après Nathan, Ed.2019, p.110-111)

Phénotypes :

Moléculaire



Hémoglobine dissoute
dans le cytoplasme
de l'hématie

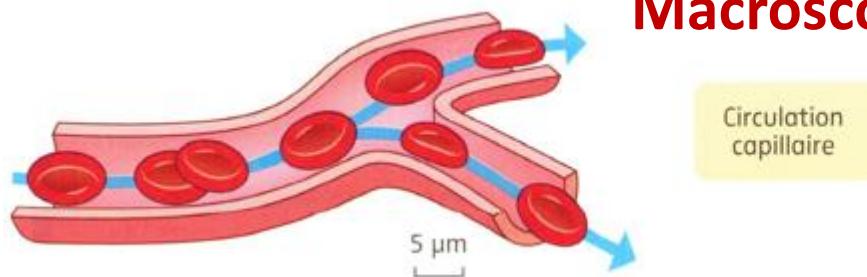


Hémoglobine capable
de polymériser en fibres
qui déforment l'hématie

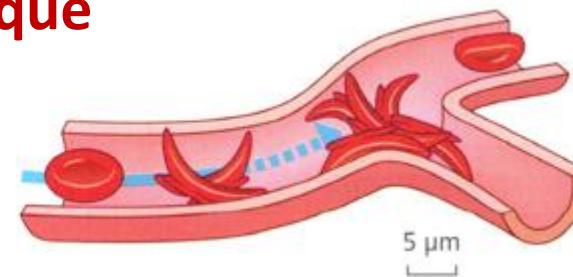
Cellulaire



Macroscopique

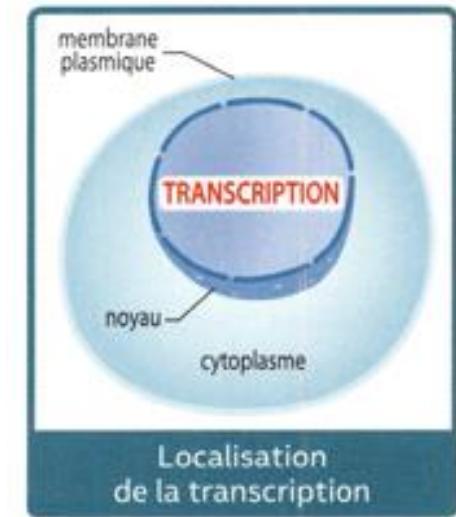
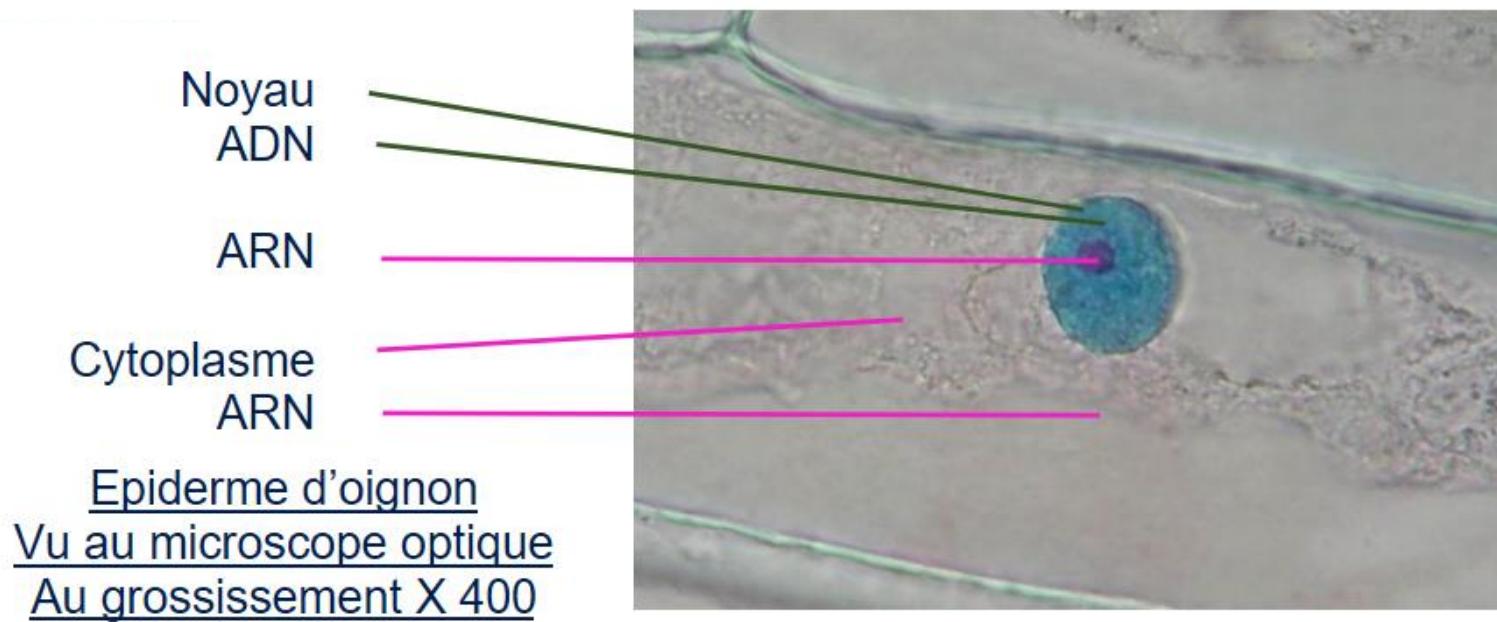


Exemple : la drépanocytose



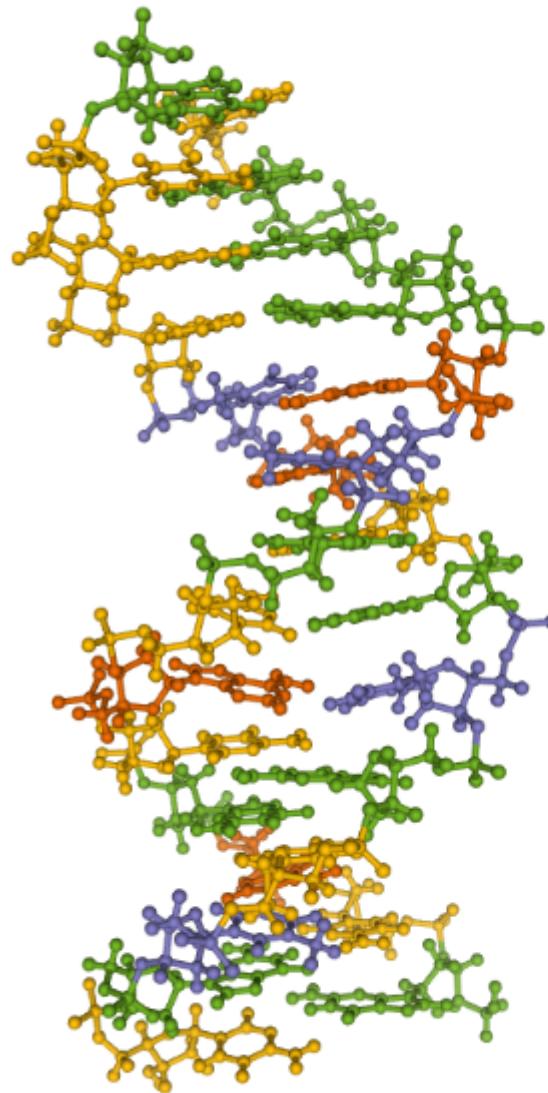
(d'après Nathan, Ed.2019, p.110-111)

La transcription : de l'ADN à l'ARN

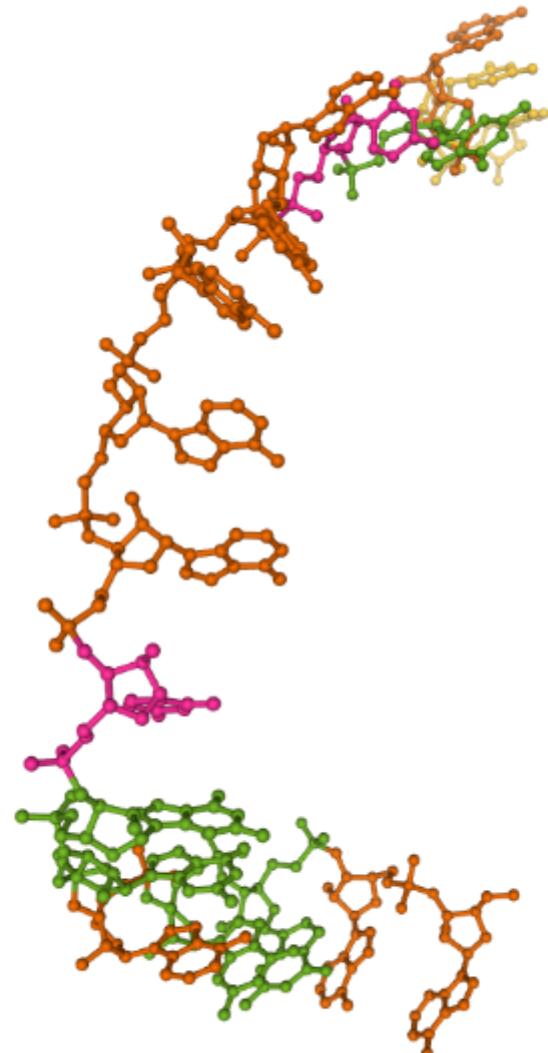


Dans la préparation microscopique de cellules d'oignon coloré au vert de méthyle pyronine, on observe une coloration verte que dans le noyau, c'est l'ADN et une coloration rose dans le cytoplasme et dans les nucléoles du noyau : c'est l'ARN.

ADN

**ACGT**

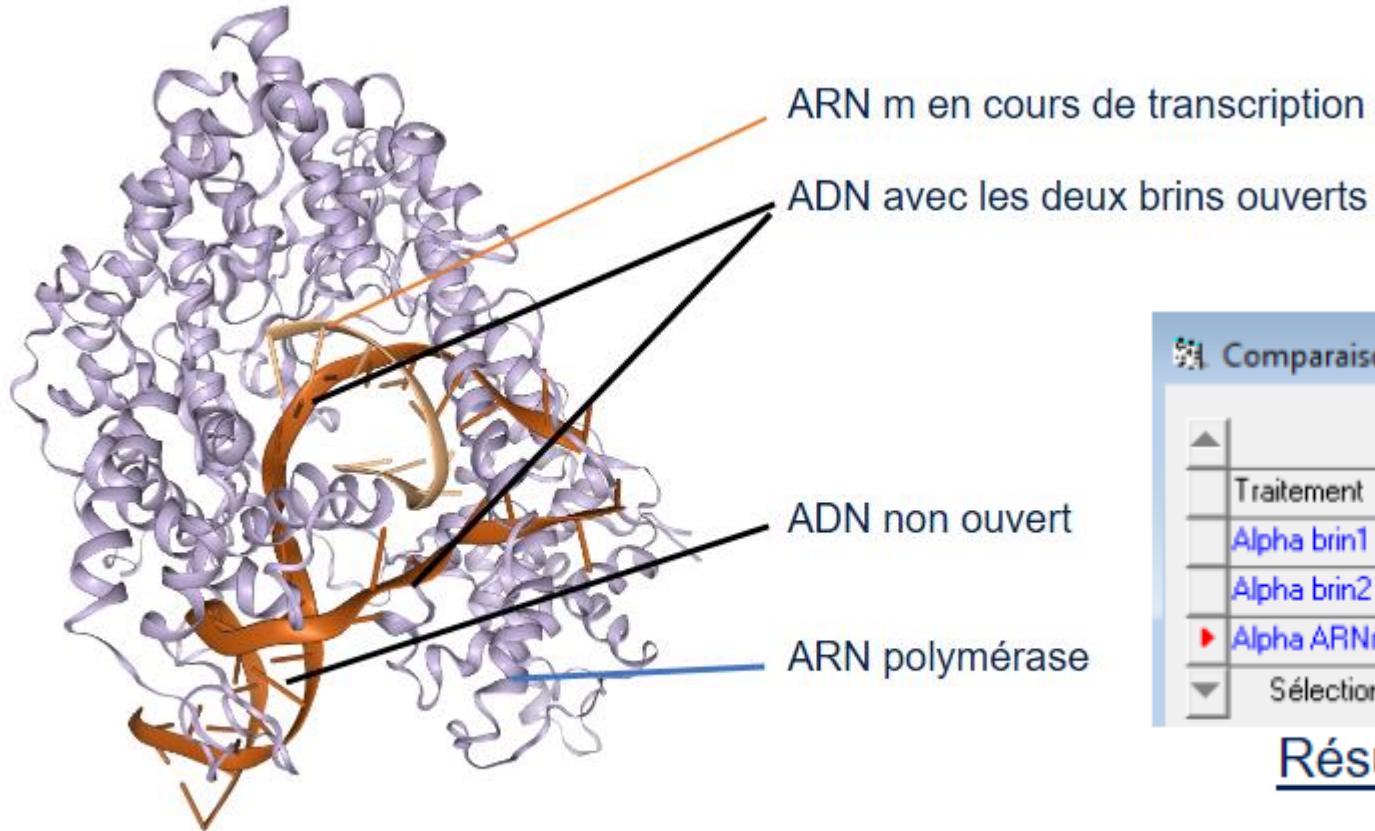
ARN m

**ACGU**

Comparaison entre ADN et ARNm

	ADN	ARN m
Nombre de Chaîne	2	1
Adénine	X	X
Cytosine	X	X
Guanine	X	X
Thymine	X	O
Uracile	O	X

X présent, O absent



ARN polymérase du bactériophage T7 en cours de réPLICATION

Alpha 1
ARNm
Alpha 2

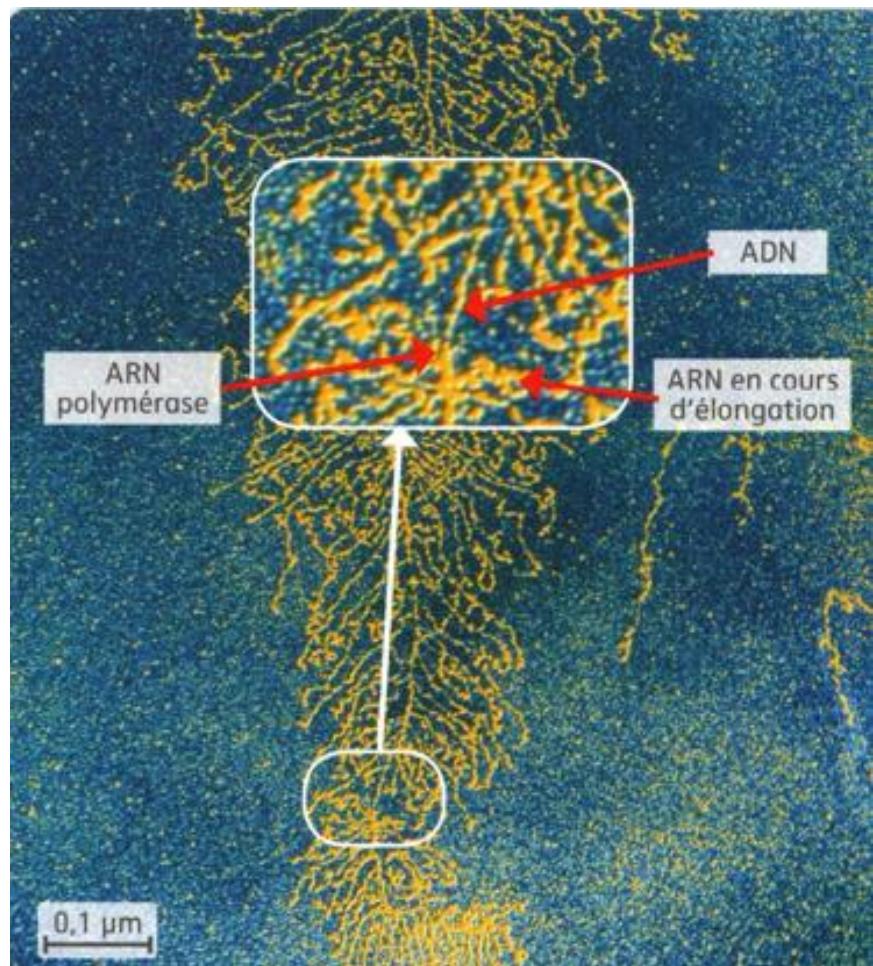
ATG GTG
AUG GUG
TAC CAC

brin non transcrit, brin codant

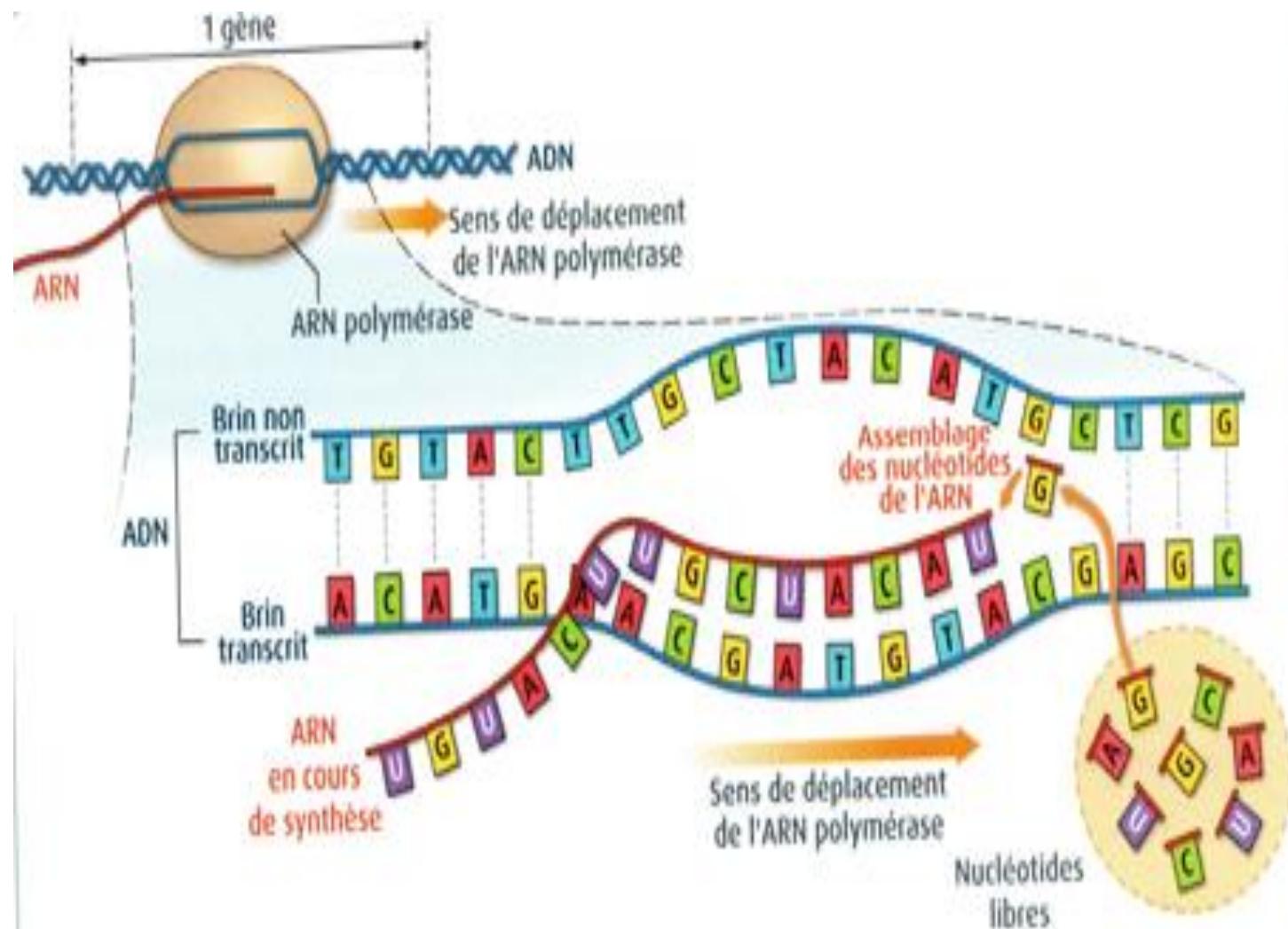
brin transcrit ou matrice complémentaire de l'ARNm

			1	10	20	30
Traitement	◀	▶	0			
Alpha brin1	◀	▶	0			
Alpha brin2	◀	▶	0			
► Alpha ARNm codant	◀	▶	0			
Sélection : 0/4 lignes			◀			

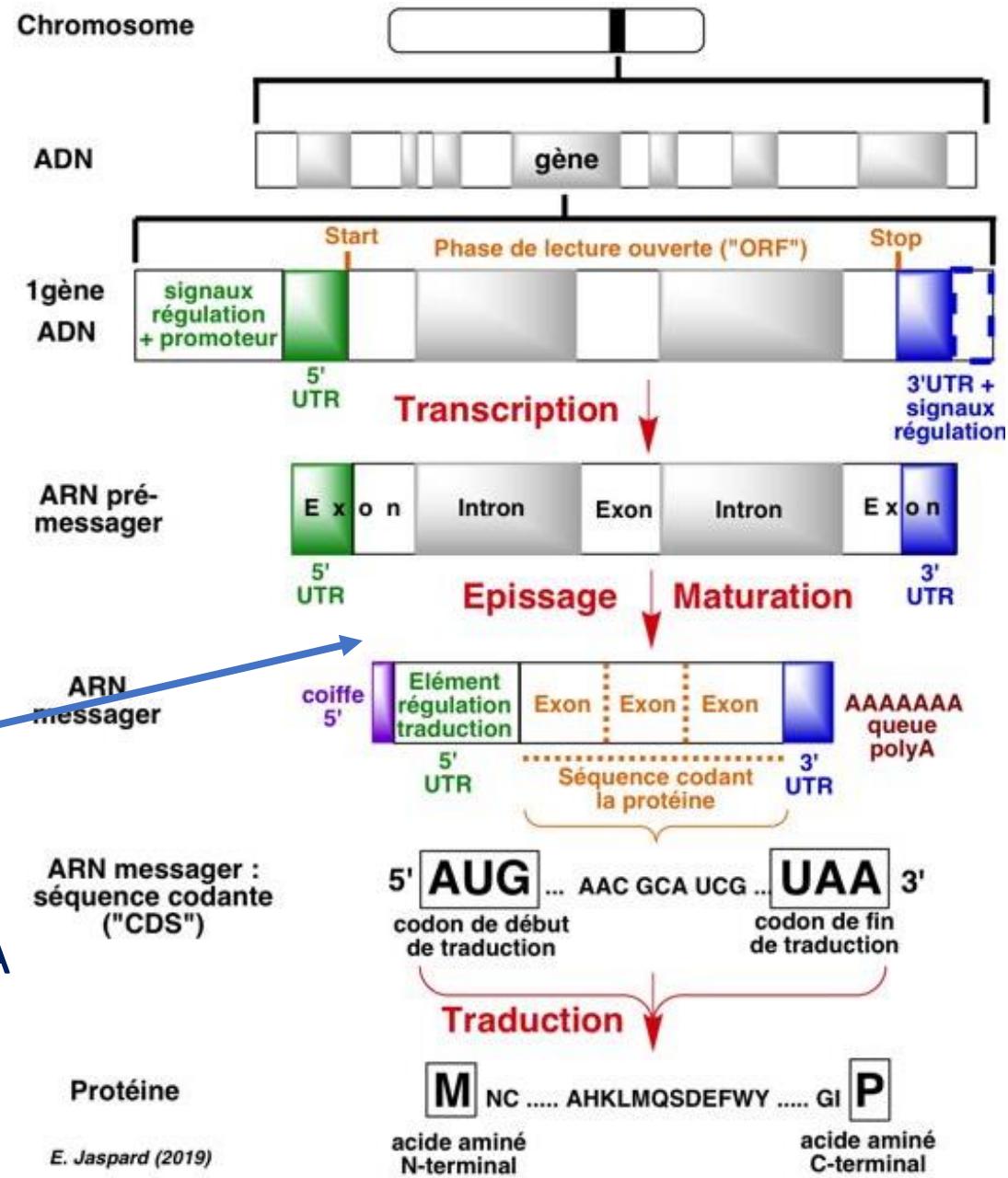
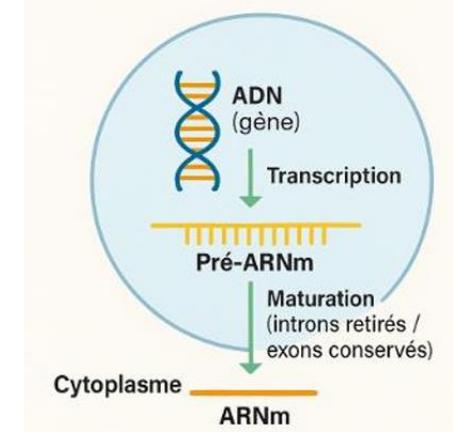
Résultats obtenus avec le logiciel ANAGENE



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)

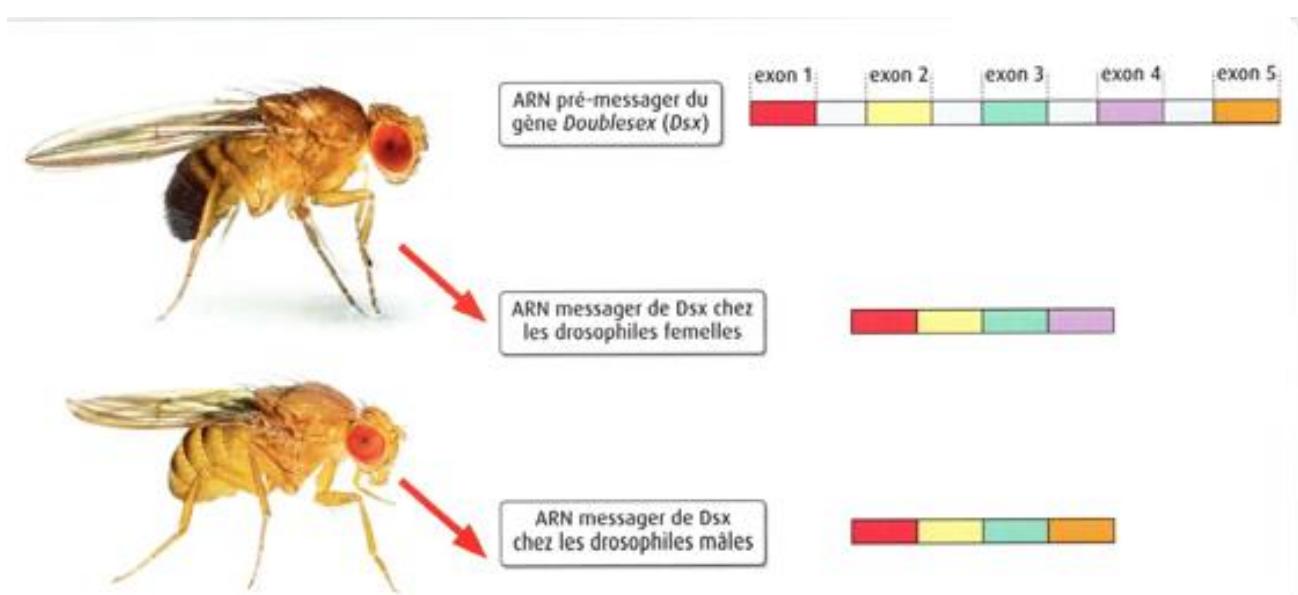
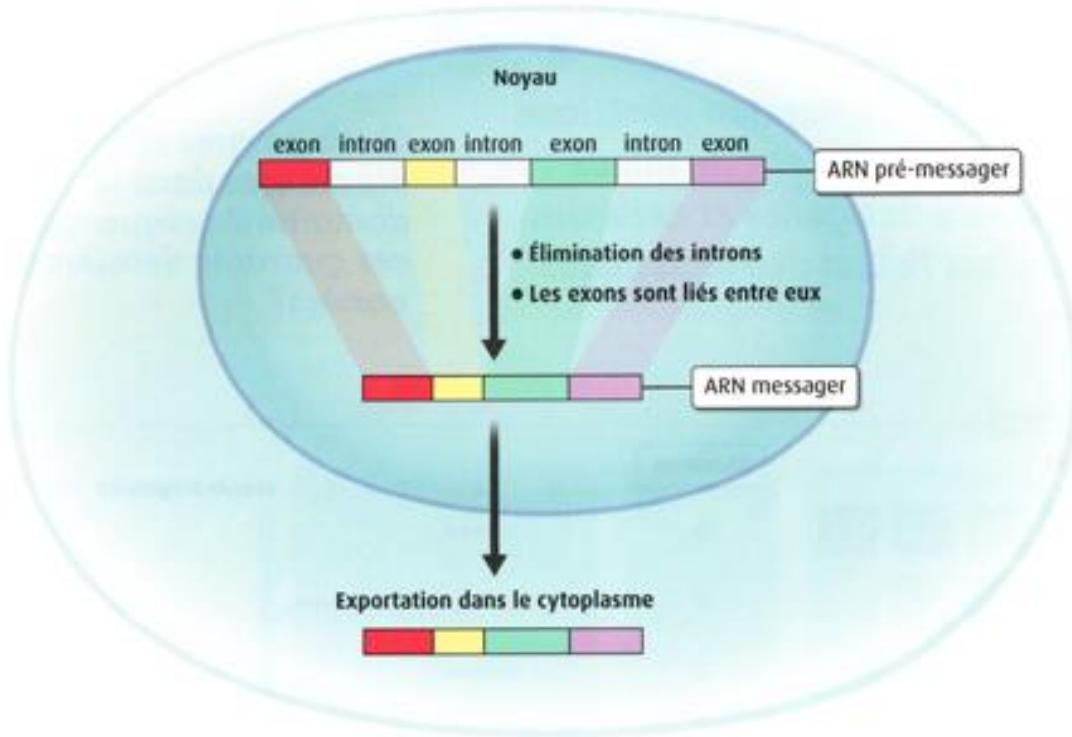


Maturation de l'ARNm



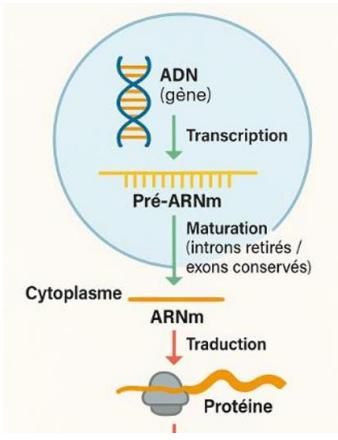
Chez les eucaryotes :

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



Les modifications de l'ARN pré-messager 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 messager *Dsx* chez des drosophiles mâles et des drosophiles femelles. On a pu en déduire les modifications subies par l'ARN pré-messager dans les deux cas.

(d'après Belin, Ed.2019,p.73)

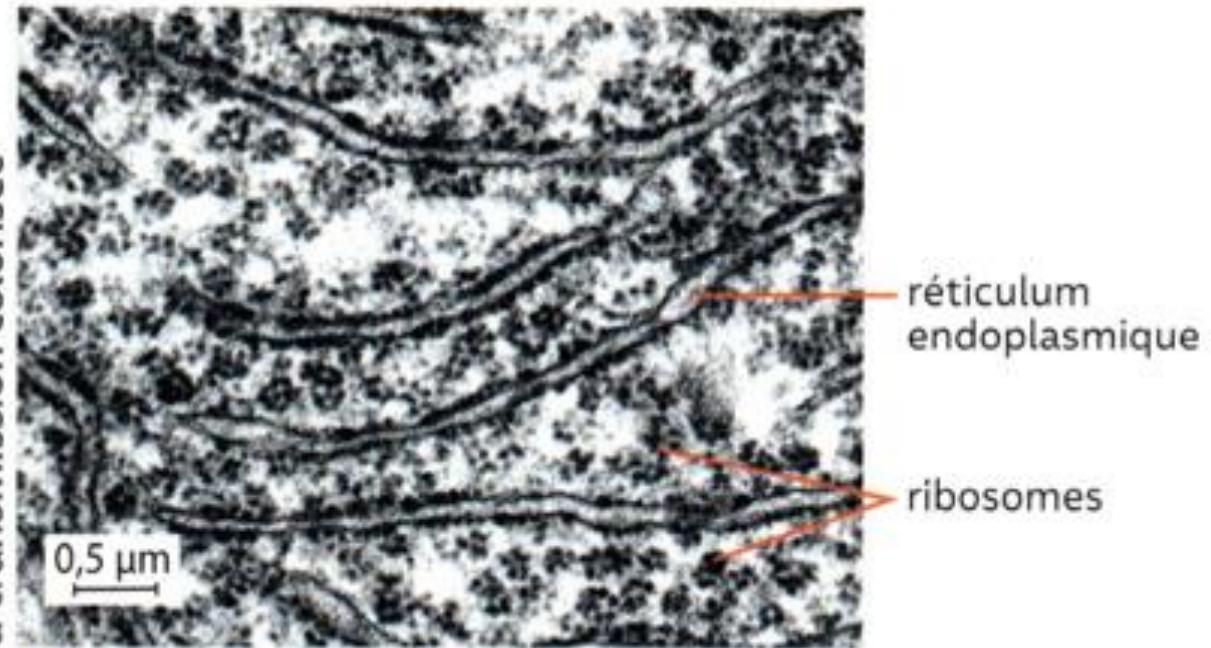


Traduction : de l'ARNm à la protéine

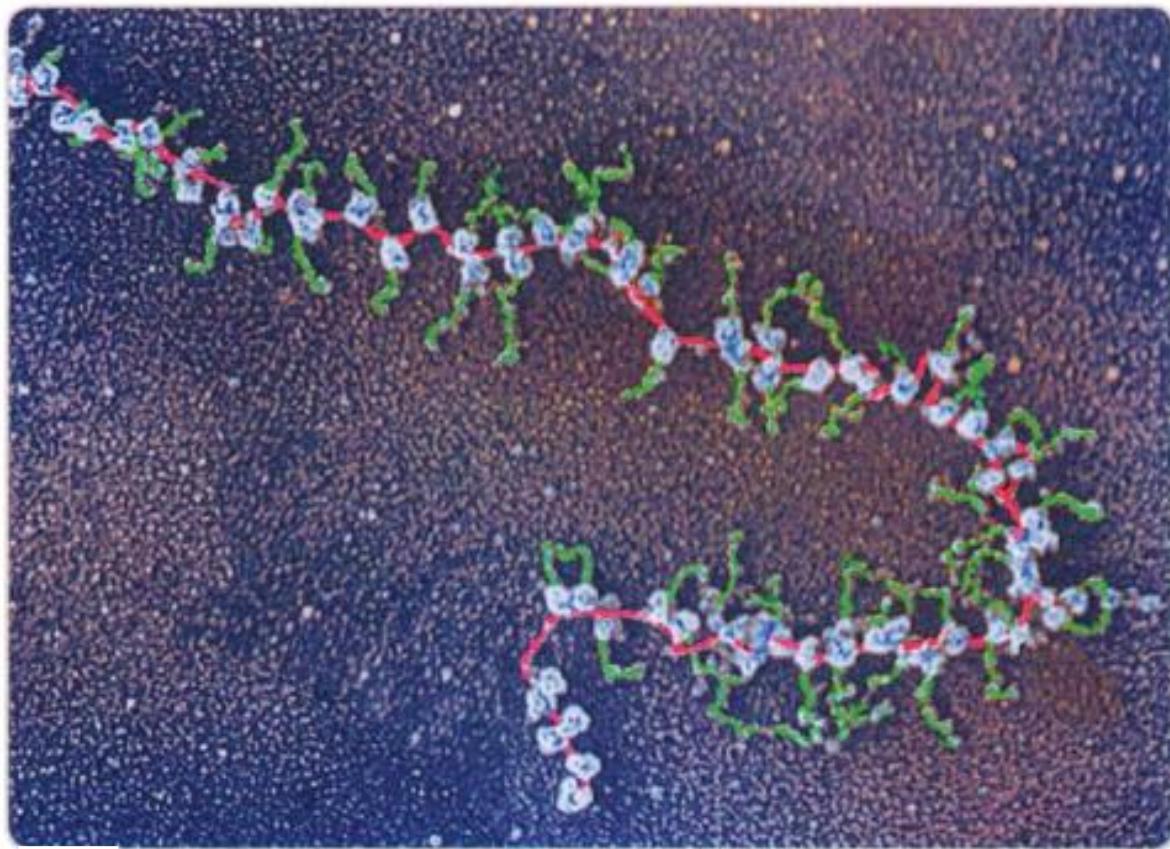
En 1948, Albert Claude, médecin biologiste belge, découvre de petits granules dans le cytoplasme des cellules, parfois associés au réticulum endoplasmique (organite des cellules eucaryotes). En 1950, Henry Borsook montre que ces granules sont le siège de la synthèse des protéines et sont les **ribosomes**.

(Hachette, Ed.2019,p.74)

Microscopie électronique
à transmission colorisée



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).

(Nathan, Ed.2019,p.109)

Chaîne d'acides aminés

Grande sous-unité

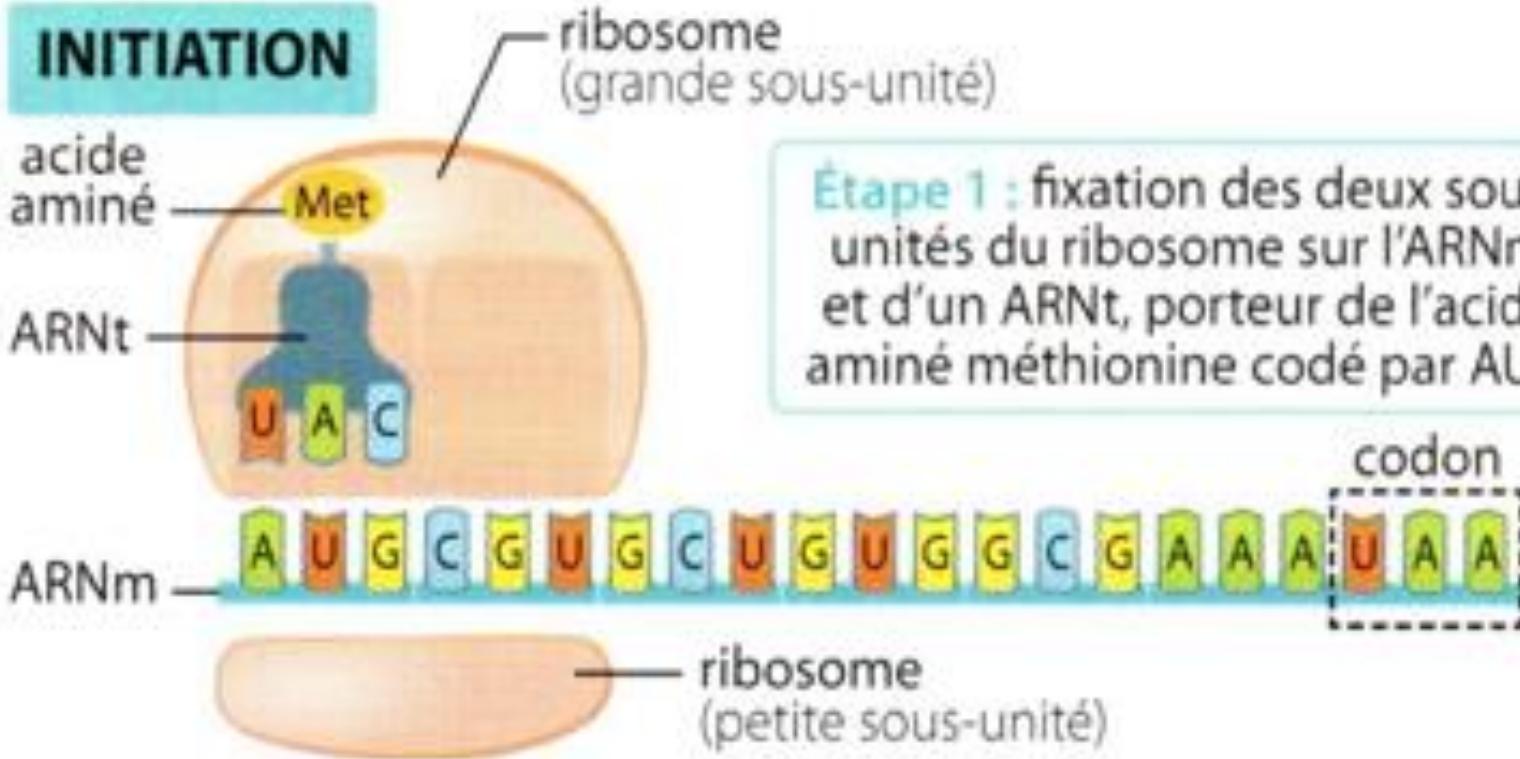
Site de polymérisation des acides aminés

Petite sous-unité

ARN messager

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

INITIATION



(Hachette, Ed.2019,p.74)

		U	C	A	G	
P r e m i è r e b a 	U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp	U C A G
	C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G
	A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
	G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G
Troisième base						

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

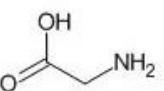
Glycine

Gly, G

C₂H₅NO₂

75Da

57,05 g/mol



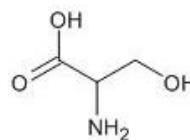
Sérolle

Ser, S

C₃H₇NO₃

105Da

87,08 g/mol



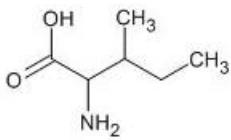
Isoleucine

Ile, I

C₆H₁₃NO₂

131Da

113,16 g/mol



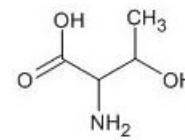
Thréonine

Thr, T

C₄H₉NO₃

119Da

101,11 g/mol



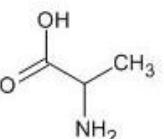
Alanine

Ala, A

C₃H₇NO₂

89Da

71,09 g/mol



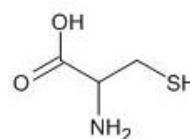
Cystéine

Cys, C

C₃H₇NO₂S

121Da

103,15 g/mol



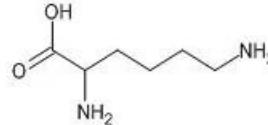
Lysine

Lys, K

C₆H₁₄N₂O₂

146Da

128,17 g/mol



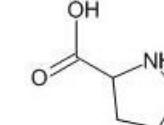
Proline

Pro, P

C₅H₉NO₂

115Da

97,12 g/mol



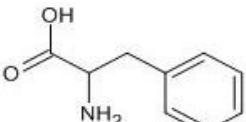
Phénylalanine

Phe, F

C₉H₁₁NO₂

165Da

147,18 g/mol



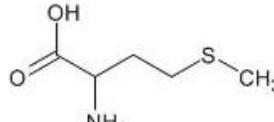
Méthionine

Met, M

C₅H₁₁NO₂S

149Da

131,19 g/mol



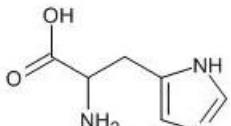
Histidine

His, H

C₅H₉N₃O₂

155Da

137,14 g/mol



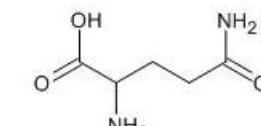
Glutamine

Gln, Q

C₅H₁₀N₂O₃

146Da

128,14 g/mol



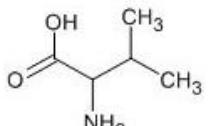
Valine

Val, V

C₅H₁₁NO₂

117Da

99,14 g/mol



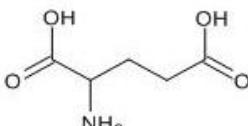
Acide glutamique

Glu, E

C₅H₉NO₄

147Da

129,12 g/mol



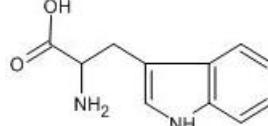
Tryptophane

Trp, W

C₁₁H₁₂N₂O₂

204Da

186,21 g/mol



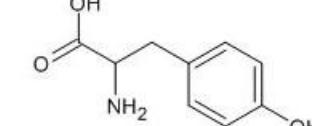
Tyrosine

Tyr, Y

C₉H₁₁NO₃

181Da

163,18 g/mol



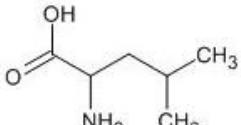
Leucine

Leu, L

C₆H₁₃NO₂

131Da

113,16 g/mol



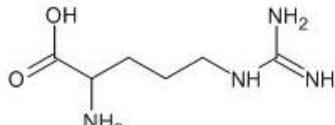
Arginine

Arg, R

C₆H₁₄N₄O₂

174Da

156,19 g/mol



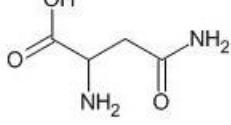
Asparagine

Asn, N

C₄H₈N₂O₃

132Da

114,11 g/mol



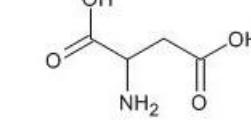
Acide aspartique

Asp, D

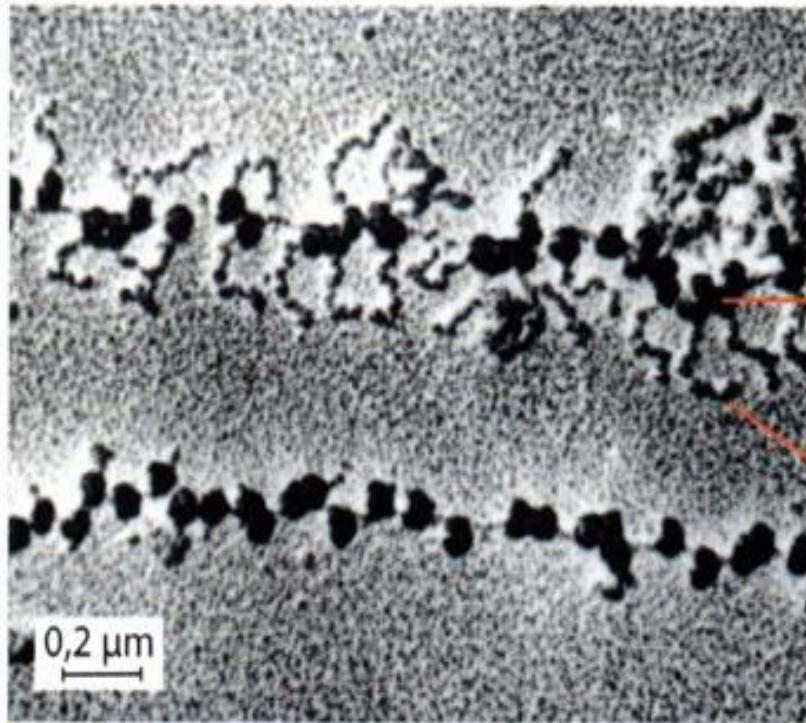
C₄H₇NO₄

133Da

115,09 g/mol



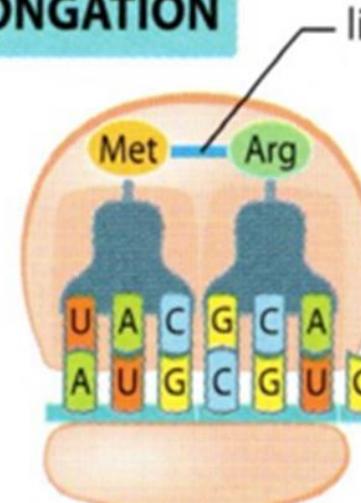
Microscopie électronique à transmission



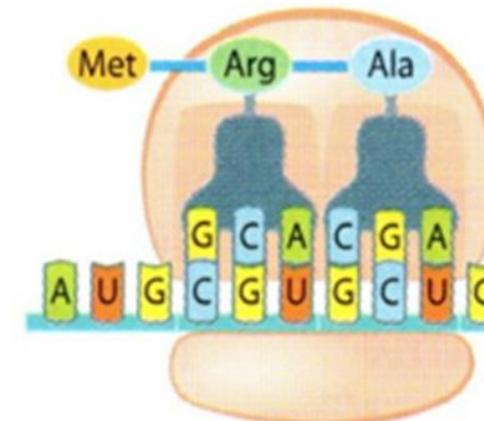
Un ARNm en cours de traduction

(Hachette, Ed.2019,p.74)

ÉLONGATION



Étape 2 : fixation d'un autre ARNt, porteur d'un deuxième acide aminé, et liaison chimique entre les deux premiers acides aminés

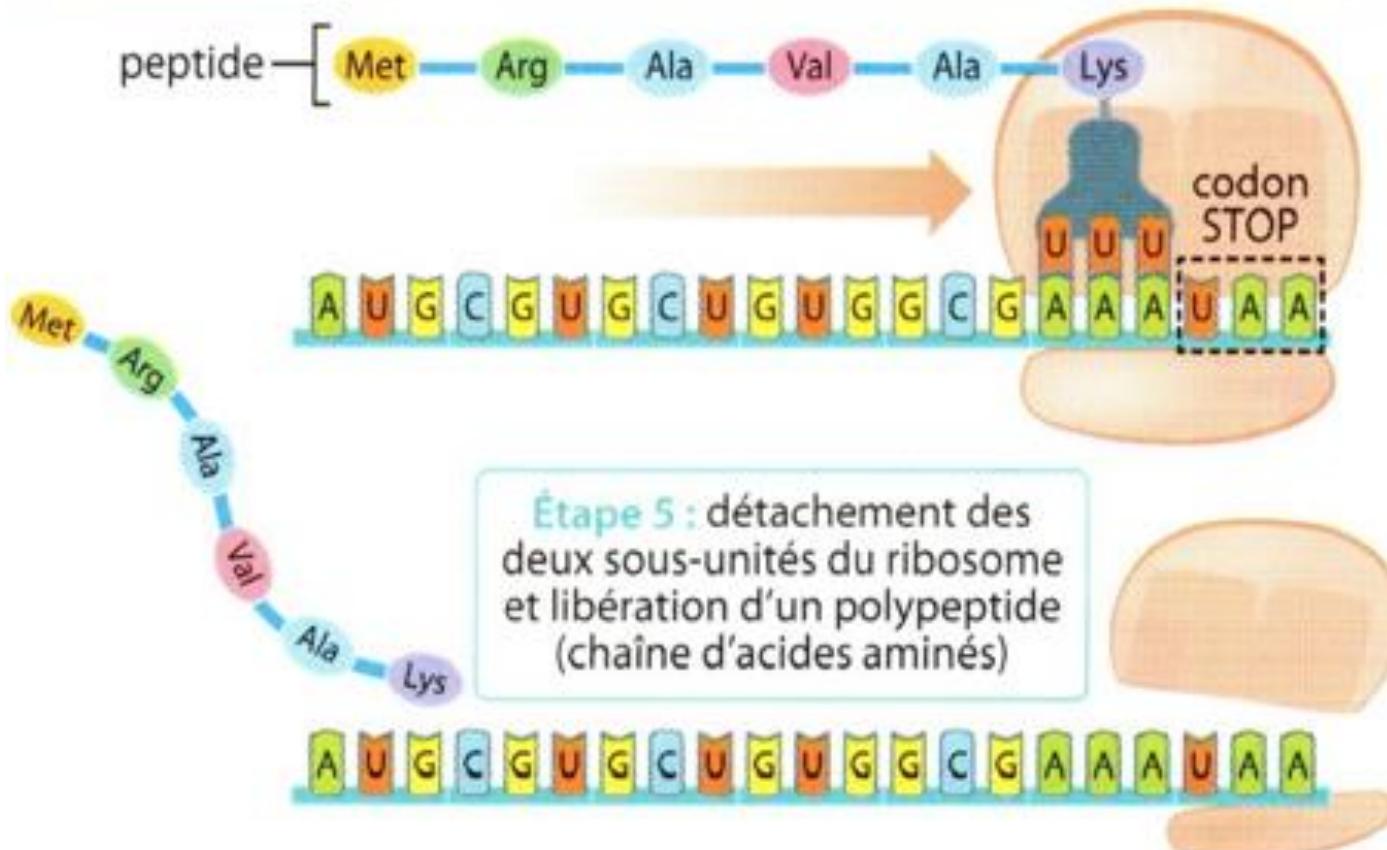


Étape 3 : déplacement du ribosome de trois nucléotides sur l'ARNm, fixation d'un autre ARNt, porteur d'un troisième acide aminé, et liaison chimique, etc.

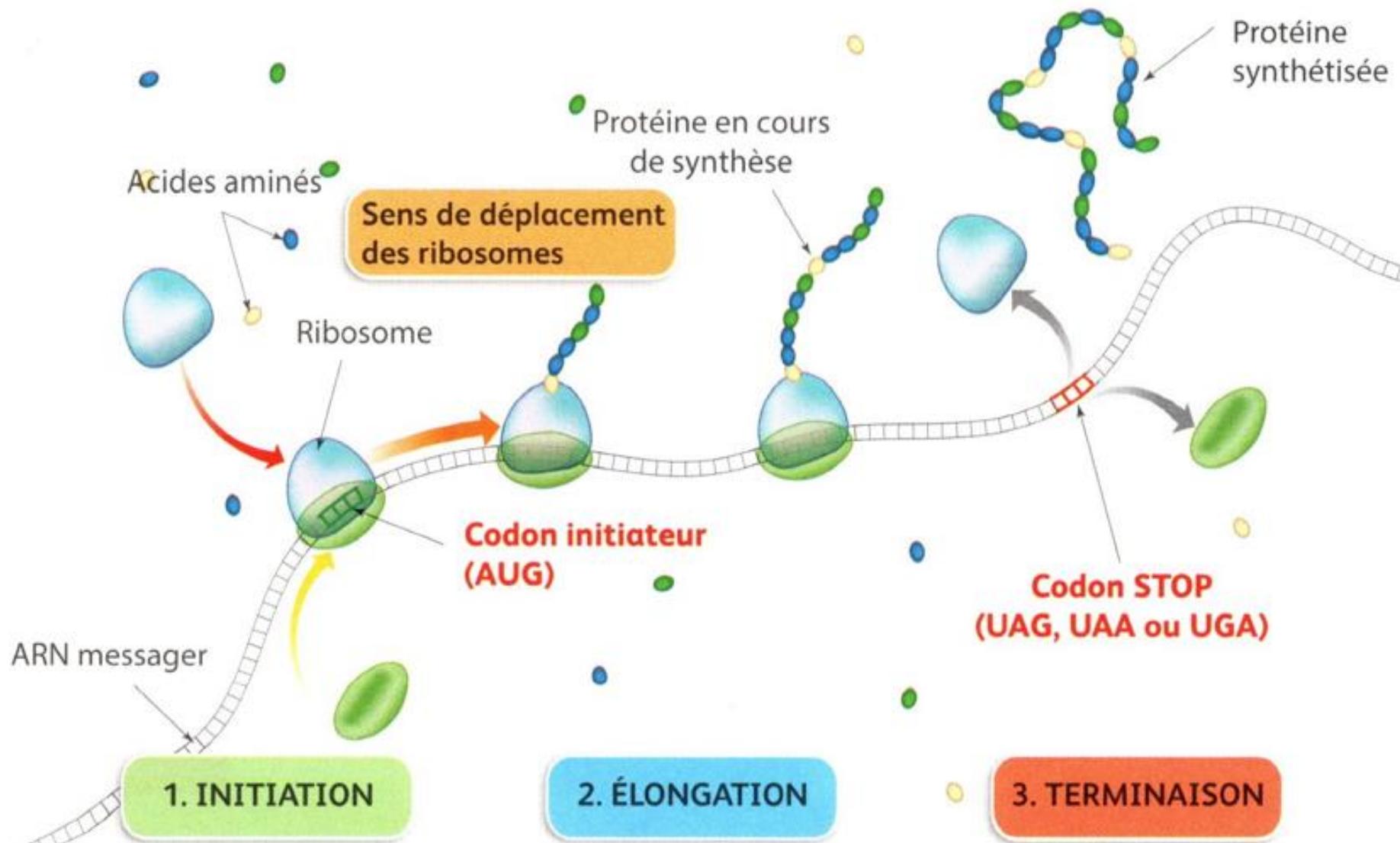


TERMINAISON

Étape 4 : fin de la synthèse par un codon STOP



(Hachette, Ed.2019,p,74)

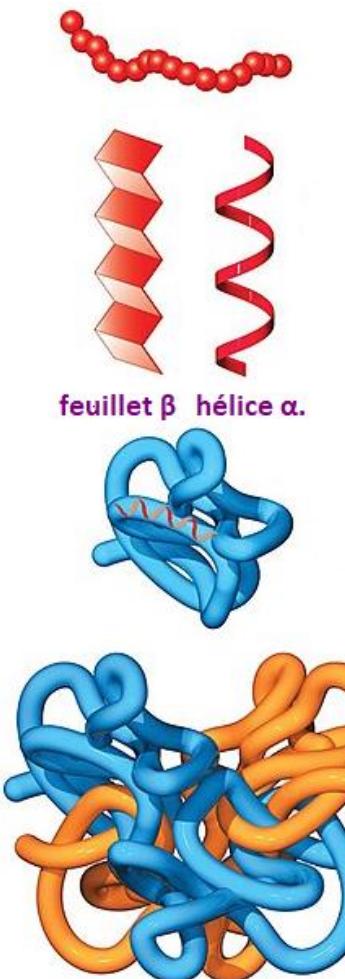


(Nathan, Ed.2019,p.113)

Formation d'une chaîne polypeptidique

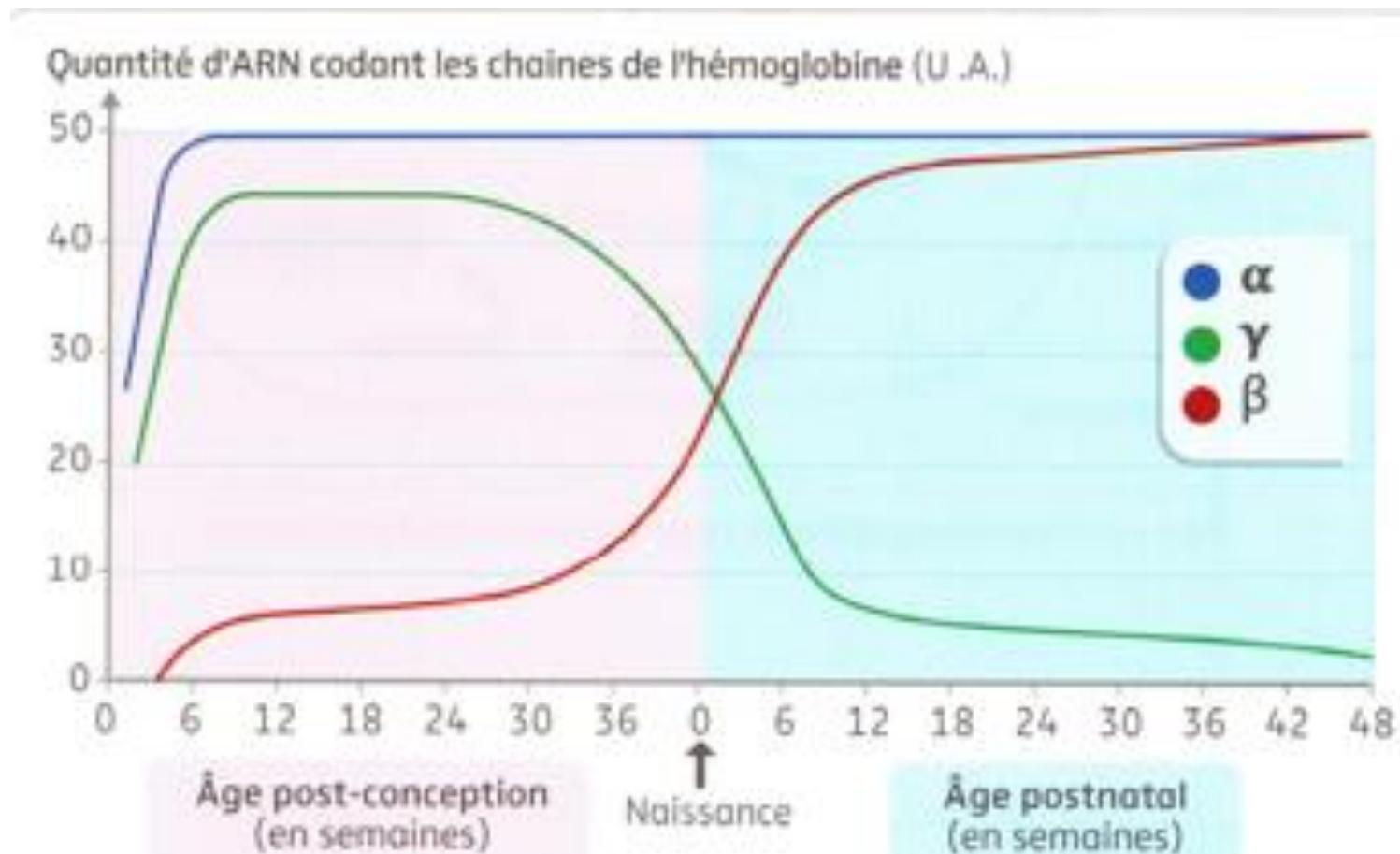
→ repliement

→ protéine



Régulation de l'expression génétique

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



Selon l'environnement et le mode de vie

DES MACRONUTRIMENTS AUX MICRONUTRIMENTS
GRÂCE AUX ENZYMES DIGESTIVES



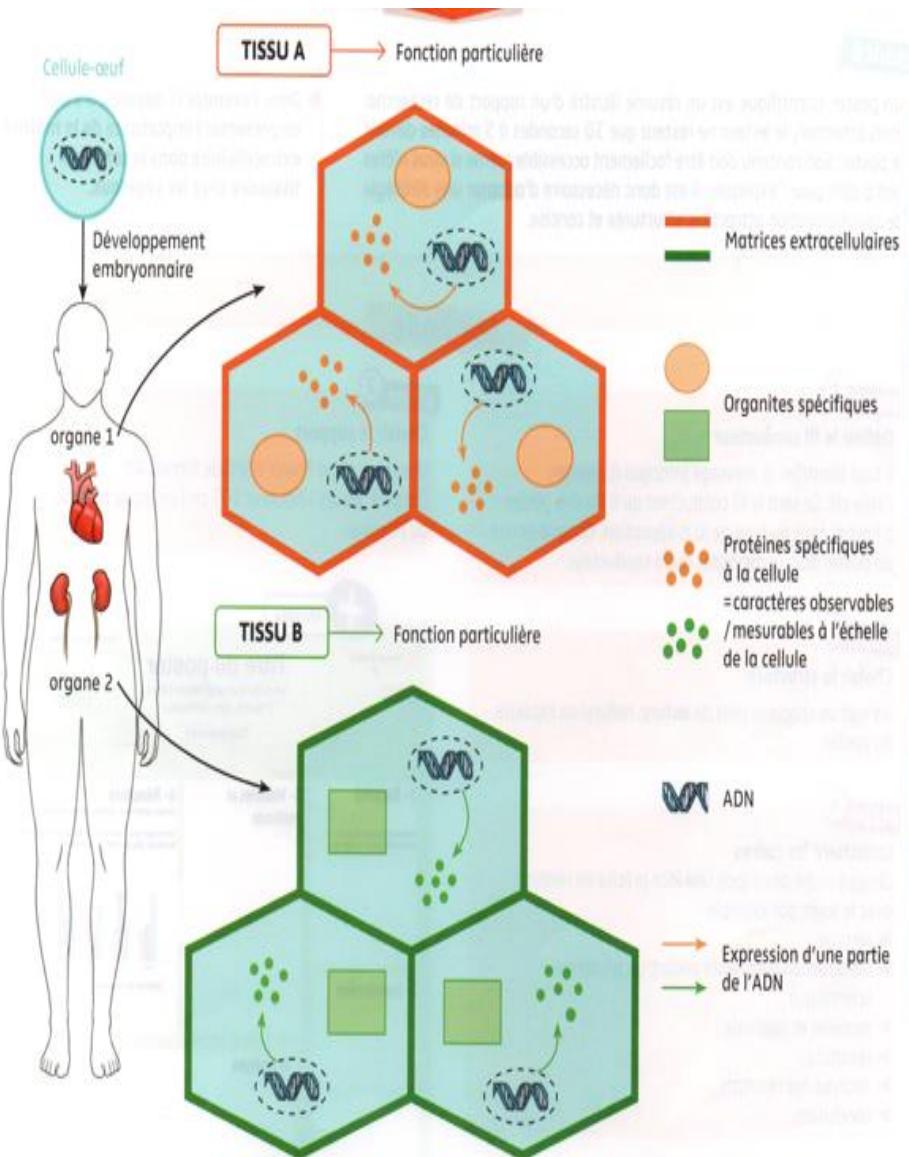
Activité Enzymatique :
Apport de macronutriments par les aliments

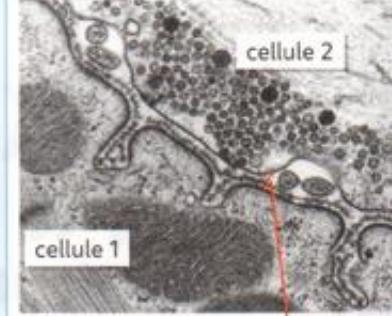
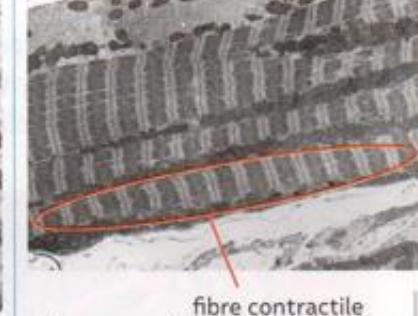
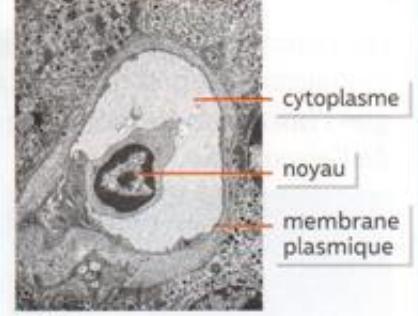


Transformation des macronutriments en
micronutriments



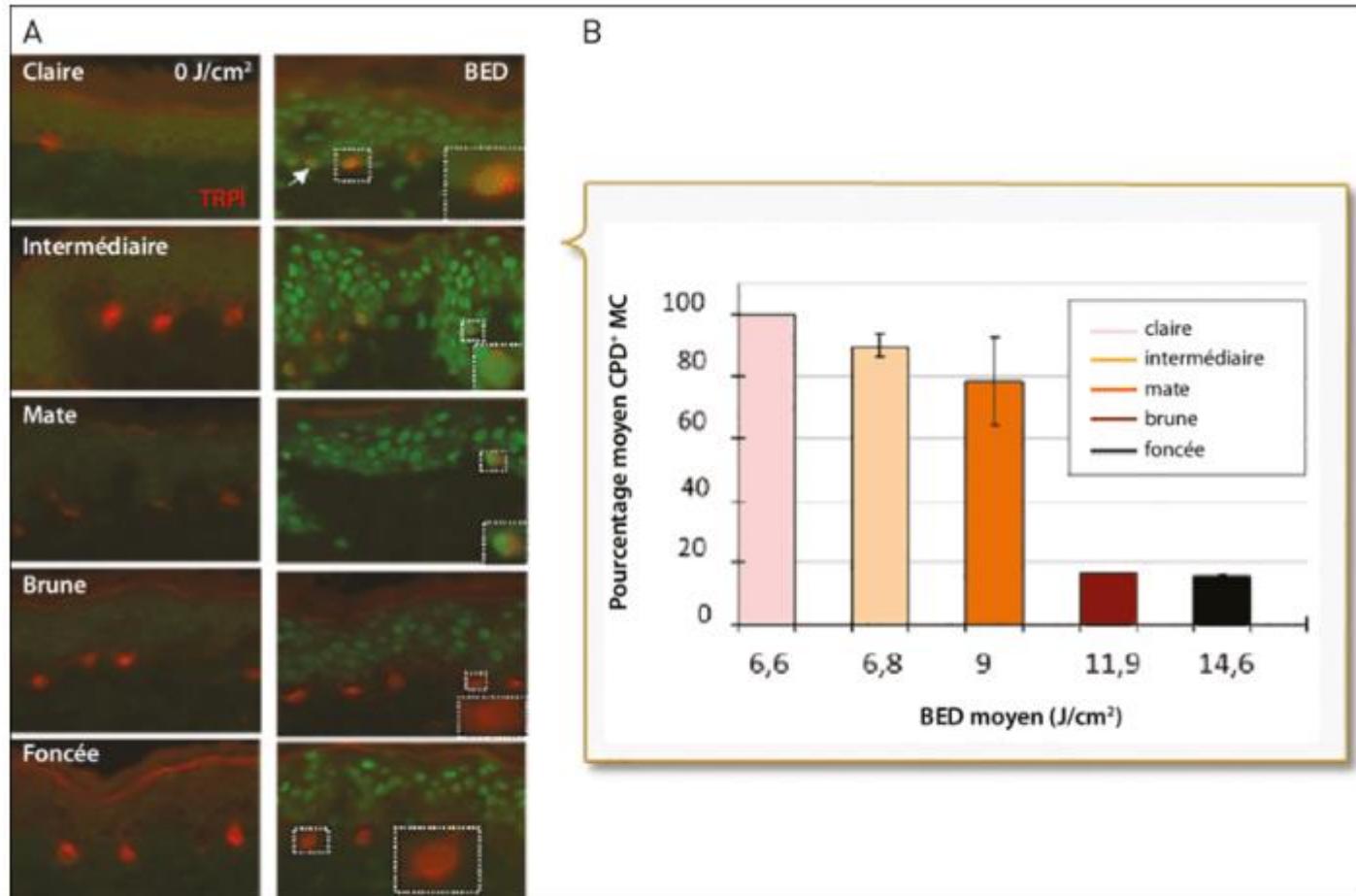
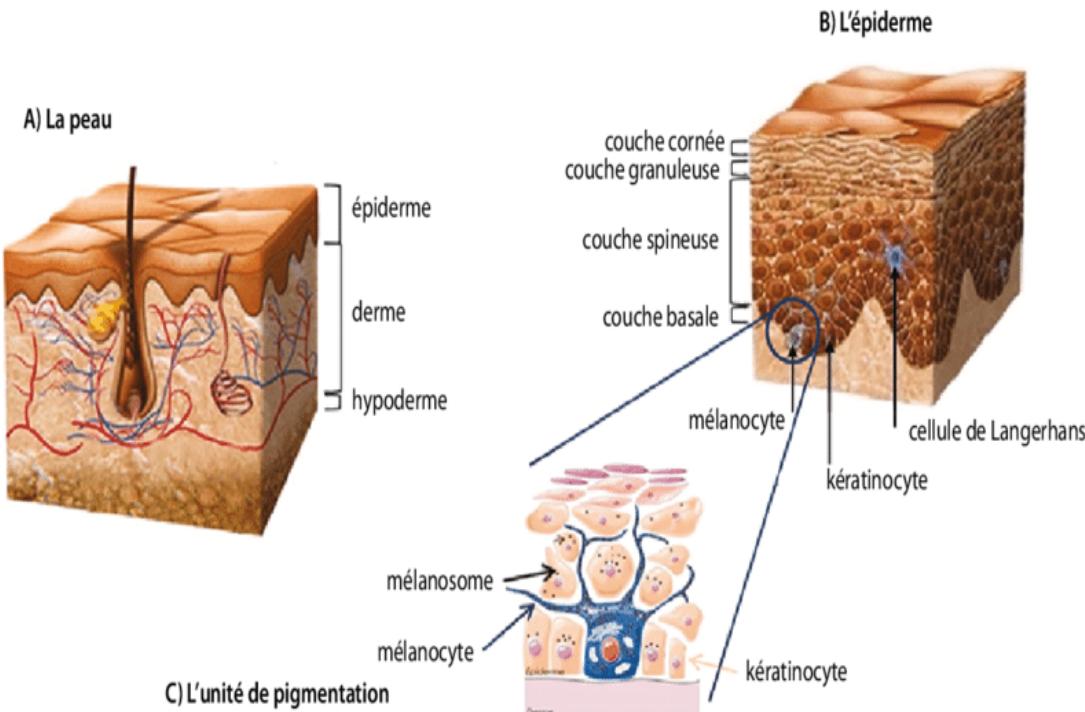
Cette régulation permet : la spécialisation cellulaire



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	 7 nm fente synaptique	 2 nm fibre contractile d'actine et de myosine	 80 µm cytoplasme noyau membrane plasmique
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, hyperglycémante)

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

Cette régulation permet : l'adaptation à l'environnement



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.

