

L'expression du patrimoine génétique

(à compléter avec votre livre Magnard pages 92 à 95)

Tous les êtres vivants, qu'il s'agisse de bactéries, de champignons, de plantes ou d'animaux, possèdent une molécule commune : l'**ADN** (acide désoxyribonucléique). Cette molécule universelle contient les informations nécessaires pour construire et faire fonctionner une cellule ou un organisme entier.

Cependant, cette information n'agit pas directement. En effet, une molécule d'ADN ne fabrique pas elle-même une enzyme, une hormone ou une molécule de structure. Elle doit être **lue** et **interprétée** par la cellule pour produire des molécules actives, en particulier les **protéines**.

Pourtant, si toutes les cellules d'un organisme possèdent la même information génétique, elles ne fabriquent pas les mêmes protéines et n'ont pas les mêmes fonctions. Un neurone n'agit pas comme une cellule musculaire, et une cellule du foie n'a pas la même activité qu'une cellule de la peau.

Comment l'information génétique portée par l'ADN est-elle transformée en protéines qui déterminent le phénotype d'un individu, et comment cette expression est-elle régulée ?

I. L'ADN : support de l'information génétique (rappels de seconde)

La molécule d'ADN est formée de deux longues chaînes appelées **brins**, enroulées en double hélice. Chaque brin est constitué d'une succession de **nucléotides**.

Un nucléotide est une petite unité formée de trois éléments :

- un sucre (le désoxyribose),
- un groupement phosphate,
- une **base azotée** (adénine = A, thymine = T, cytosine = C, guanine = G).

L'ordre des bases sur un brin correspond à une **séquence** : c'est elle qui représente l'**information génétique**.

<i>Exemple : une courte séquence comme ATG-CGT-TAC-... contient déjà une information qui pourra être traduite par la cellule.</i>

Dans l'ADN, les bases s'apparient toujours de la même façon :

- A ↔ T
- C ↔ G

Cet appariement assure la **complémentarité des deux brins**.

**L'information génétique = succession des nucléotides de l'ADN.
Elle est universelle et transmissible lors de la reproduction.**

II. Du gène à la protéine et au phénotype

Un **gène** est une portion précise d'ADN, localisée sur un chromosome, qui porte une information particulière. Chaque gène correspond en général à la production d'un ARN et souvent d'une **protéine**.

- Certaines protéines sont **structurales** : kératine des cheveux, collagène des tissus.
- D'autres sont des **enzymes** qui accélèrent les réactions chimiques (ex. amylase qui digère l'amidon).
- Certaines encore sont des **protéines de transport** (ex. hémoglobine qui transporte l'oxygène) ou des **récepteurs** qui reçoivent des signaux.

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

Le **phénotype** = ensemble des caractères observables (couleur des yeux, forme des cellules, fonctionnement des organes, etc.).

Un gène n'agit jamais directement sur un caractère : c'est **par l'intermédiaire des protéines qu'il code** que l'information se traduit en phénotype.

Les différentes échelles du phénotype :

- **Phénotype moléculaire** : correspond à la structure des molécules produites.
- **Phénotype cellulaire** : correspond aux caractéristiques observables des cellules.
- **Phénotype macroscopique (organisme)** : correspond aux caractères visibles à l'échelle de l'individu.

Ces trois niveaux de phénotype sont **liés** : une mutation au niveau d'un gène modifie la protéine, ce qui change le fonctionnement cellulaire et peut entraîner une modification visible de l'organisme.

Exemple de la drépanocytose :

- Une mutation dans le gène de la **bêta-globine** modifie un seul acide aminé dans la protéine hémoglobine → **phénotype moléculaire**.
- Cela change la forme des globules rouges (forme de faucille) → **phénotype cellulaire**.
- Conséquence : difficulté à transporter l'oxygène (anémie) → **phénotype macroscopique**.

Un gène → une protéine → un caractère du phénotype.

III. La transcription : de l'ADN à l'ARN

Comme l'ADN est confiné dans le noyau chez les eucaryotes et qu'il n'est pas directement utilisable par les ribosomes, il doit être copié sous une autre forme : l'**ARN**.

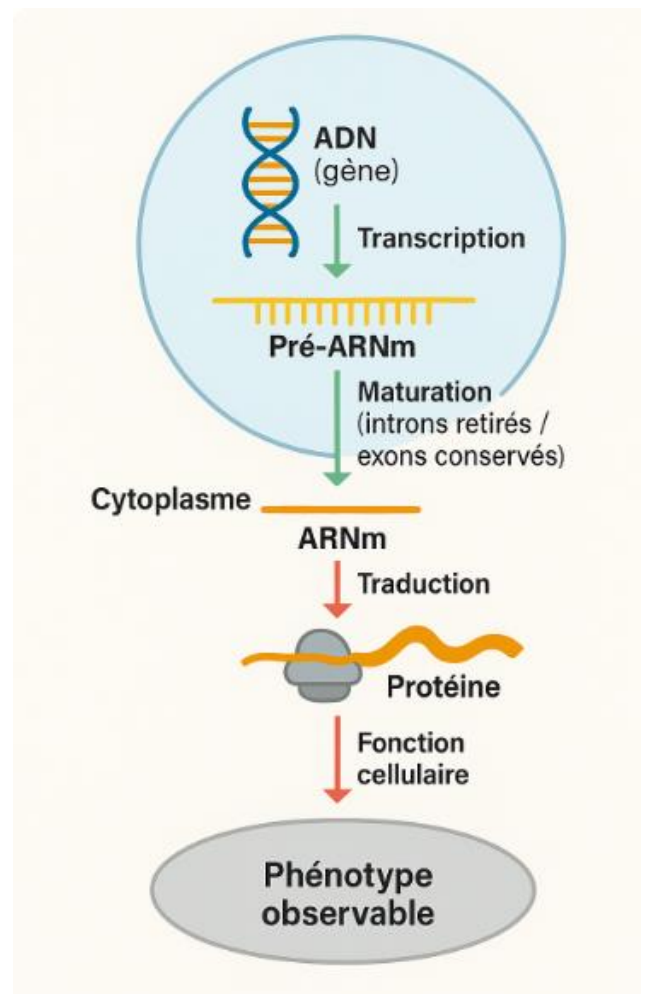
- La **transcription** est réalisée par une enzyme : l'ARN polymérase.
- Elle « lit » un gène et fabrique un **brin d'ARN** complémentaire du brin d'ADN utilisé comme matrice.
- Différence importante : dans l'ARN, la base **U (uracile)** remplace la **T (thymine)**.

Ainsi, si la séquence d'ADN est :
ADN matrice : TAC GGC TAT...
ARN transcrit : AUG CCG AUA...

Chez les eucaryotes, le premier transcrit est un **pré-ARNm**. Il subit une **maturation** avant de devenir un ARNm fonctionnel :

- les parties non codantes (**introns**) sont retirées,
- les parties codantes (**exons**) sont conservées et éventuellement réarrangées,
- une **coiffe** protectrice et une **queue poly-A** sont ajoutées.

L'ARNm mature quitte ensuite le noyau et rejoint le cytoplasme.



La transcription produit une copie utilisable de l'information génétique sous forme d'ARNm.

IV. La traduction : de l'ARNm à la protéine

Dans le cytoplasme, l'ARNm est lu par des structures spécialisées : les **ribosomes**.

- L'ARNm est lu **trois nucléotides par trois** : chaque triplet est appelé un **codon**.
- Chaque codon correspond à un **acide aminé**, grâce à l'action des **ARN de transfert (ARNt)**.
- Les ribosomes associent les acides aminés les uns après les autres pour former une **chaîne polypeptidique**.

Exemple : ARNm : AUG CCG AUA ...

→ codons : AUG | CCG | AUA

→ acides aminés : méthionine | proline | isoleucine ...

Une fois terminée, la chaîne polypeptidique se replie en 3D pour devenir une **protéine fonctionnelle**.

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).

		Seconde base			
		U	C	A	G
Première base	U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp
	C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg
	A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg
	G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly
					U C A G

La traduction transforme le message génétique en un produit fonctionnel : la protéine.

V. La régulation de l'expression des gènes

Même si toutes les cellules possèdent le même ADN, elles n'expriment pas les mêmes gènes.

- **Pendant le développement**, certains gènes sont activés à des moments précis. Exemple : gènes de l'embryon activés puis désactivés à mesure que l'organisme se construit.
- **Selon l'environnement**, certains gènes peuvent être allumés ou éteints. Exemple : production d'enzymes digestives selon le régime alimentaire, synthèse de pigments en réponse à la lumière.

Cette régulation permet :

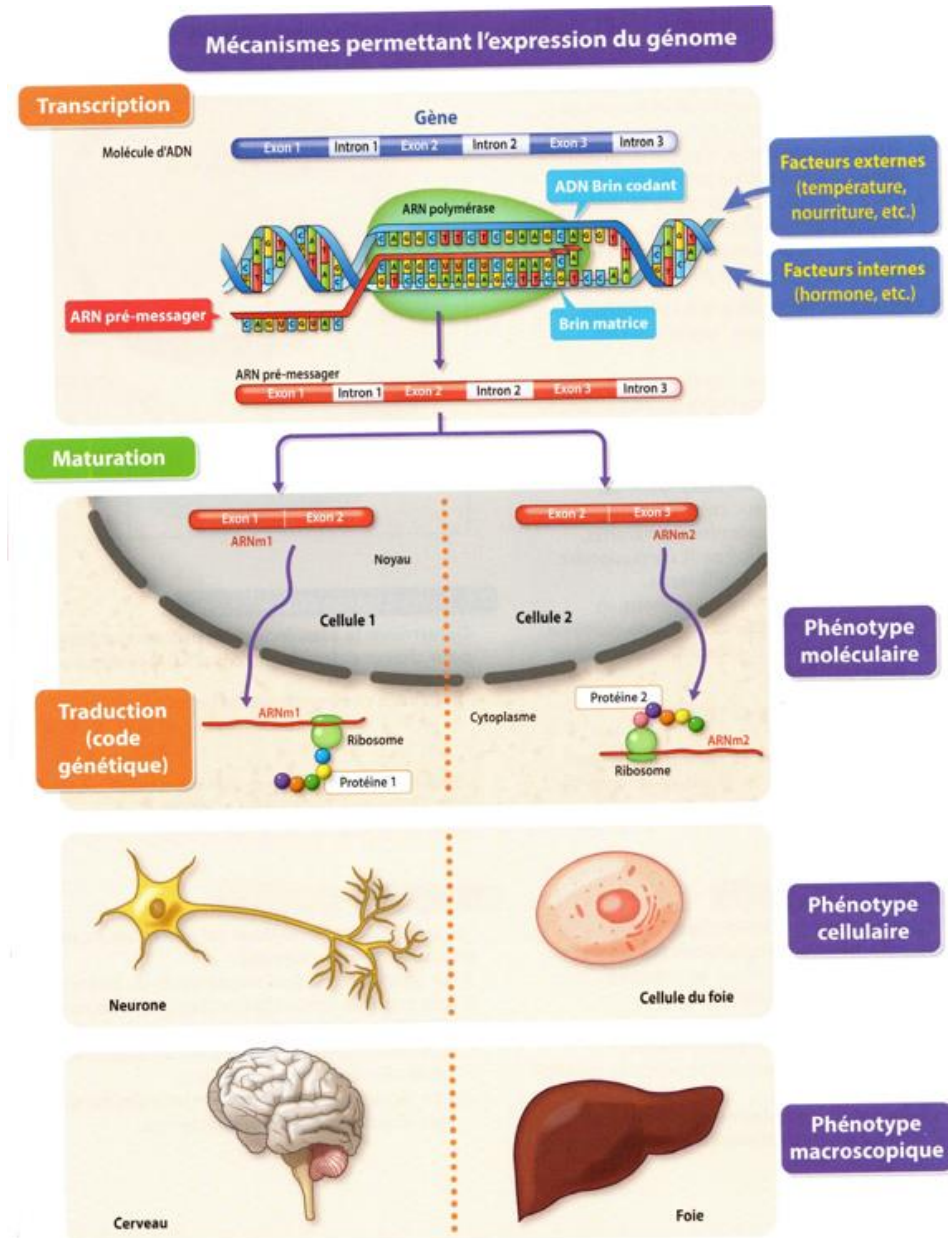
- la **spécialisation cellulaire** (un neurone exprime des gènes différents d'une cellule musculaire),
- l'**adaptation** à l'environnement (réponses au stress, à la température, à l'alimentation, etc.).

L'expression génétique est modulée en permanence pour permettre le fonctionnement adapté de la cellule et de l'organisme.

L'ADN est le support universel de l'information génétique. Cette information est **copiée en ARN lors de la transcription**, puis **traduite en protéines lors de la traduction**. Les protéines sont les acteurs essentiels du fonctionnement cellulaire et sont à l'origine des caractères observables, c'est-à-dire du phénotype.

Cependant, cette expression n'est pas figée : elle est finement **régulée** selon le type cellulaire, le stade de développement ou les conditions de l'environnement.

Un gène ne code pas directement un caractère mais, par l'intermédiaire des protéines qu'il produit, il contribue à l'élaboration du phénotype. La régulation de son expression permet la diversité cellulaire et l'adaptation des organismes.



(Hachette, Ed.2019, p.81)