

Concours section : AGRÉGATION EXTERNE SCIENCES DE LA VIE TERRE
Epreuve matière : Connaissances générales secteur A
N° Anonymat : N250NAT1020076

Nombre de pages : 16

5.18 / 20

Epreuve - Matière : 101 - 3760 Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

Sujet agrégation externe
Secteur A

Du Génome

au

Transcriptome

1. / 16

L'étude du Génome, point commun du vivant, a passionné durant des siècles de nombreux scientifiques tels que Mendel ou encore Morgan (étude de la transmission de caractères via les gènes, étude de la distance entre plusieurs gènes)...

Le sujet d'aujourd'hui porte sur l'expression du génome. Le génome constitue l'ensemble des gènes portés par un être vivant, comprenant donc, la portion régulatrice, la portion exprimée, c'est à dire l'ARN. Le sujet limite l'étude de l'expression du génome à la transcription en Acide ribonucléique (ARN) et ne traitera pas le mécanisme de traduction qui permet d'obtenir une protéine fonctionnelle. L'ensemble des ARN obtenus dans une cellule après transcription est appelé "transcriptome".

Nous nous demanderons ici quel est la nature du génome et du transcriptome, puis quels sont les mécanismes permettant le passage du génome au transcriptome et enfin quels en sont les mécanismes de régulation.

Dans une première partie, nous étudierons la localisation puis la structure du génome et du transcriptome, dans une seconde partie nous décrirons les mécanismes de la transcription et enfin, nous évoquerons les mécanismes qui régulent la transcription.

I Structure et localisation du génome et transcriptome chez les êtres vivants.

A- Structure

• ADN chez les organismes procaryotes.

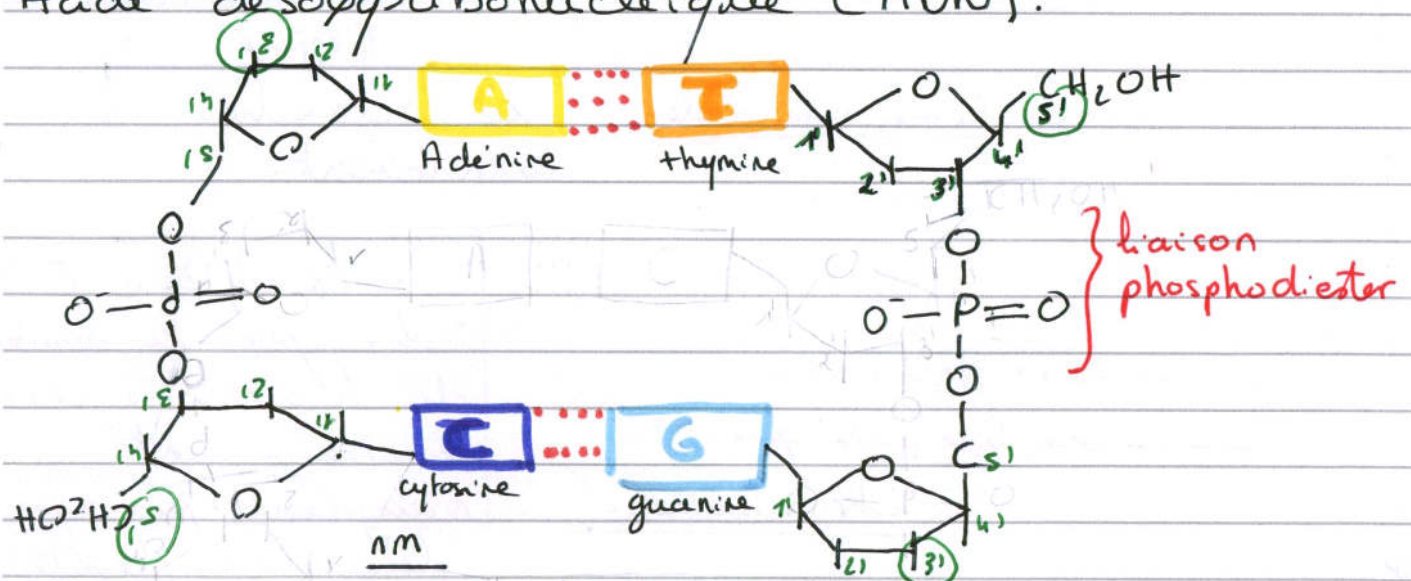
Chez les procaryotes, organismes dépourvus de noyau dans les cellules, le génome est sous la forme d'un chromosome circulaire et peut être accompagné d'un plasmide. Le chromosome peut être bicaténaire ou monocaténaire selon les espèces.

• ADN chez les organismes eucaryotes.

Chez les eucaryotes, l'ADN est double brin, linéaire et anti-parallèle ($3' \rightarrow 5'$ et $5' \rightarrow 3'$).

• Le génome.

Que ce soit chez les eucaryotes ou procaryotes le génome est porté par une molécule appelée Acide désoxyribonucléique (ADN).



Schema représentant une portion d'ADN.

Cette molécule est constituée de deux brins, anti-parallèles, constitués eux même d'un désoxyribose (sacré à 5 carbones avec un groupe-ment -OH en moins sur le carbone 3), d'une base azotée et d'un groupement phosphate.

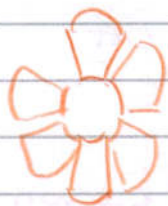
Il existe 4 bases azotées, la guanine complémentaire à la cytosine (3 liaisons non covalentes) et l'adénine complémentaire à la thymine. (Mise en évidence par Chargaff : Même proportion de A/T et C/G)

La structure en double hélice ^{complémentarité} est proposée par Watson et Crick. (modèle moléculaire) et grandement étayée par les images obtenues par Rosalind Franklin (X-ray).

En fonction du moment du cycle cellulaire, cette molécule d'ADN peut se trouver sous différente forme, plus ou moins condensée : hétérochromatine, euchromatine et durant les divisions cellulaires, sous forme de chromosomes. (ADN et protéines telles que les histones permettant la condensation de l'ADN).

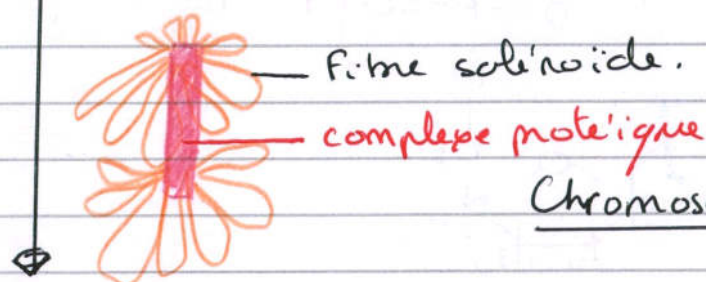


Le nombre de chromosomes est spécifique de l'espèce.



Fibre solénoïde

les octaédres s'enroulent.



Le paradoxe C dit que le nombre de chromosome chez les êtres vivants, n'augmente pas avec leur complexité.

Augmentation de la condensation.

Epreuve - Matière : 101 - 3760

Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

L'information dans la molécule d'ADN est contenue dans la séquence nucléotidique (ordre des bases azotées).

Le séquençage des génomes a été proposé par Sanger.

● L'ARN ou acide ribonucléique.

L'ARN à l'inverse de l'ADN est une molécule simple brin. Il est obtenu grâce au mécanisme de transcription détaillé plus tard à partir du brin matrice d'ADN. Ce sera donc une copie du gène uniquement (pas de séquence régulatrice). Une différence notable entre ADN et ARN est la nature des bases azotées. On y retrouve l'adénine, la guanine, la cytosine mais pas la thymine. Cette base est remplacée ici par l'Uracile. (Moins stable que la thymine - mutation).

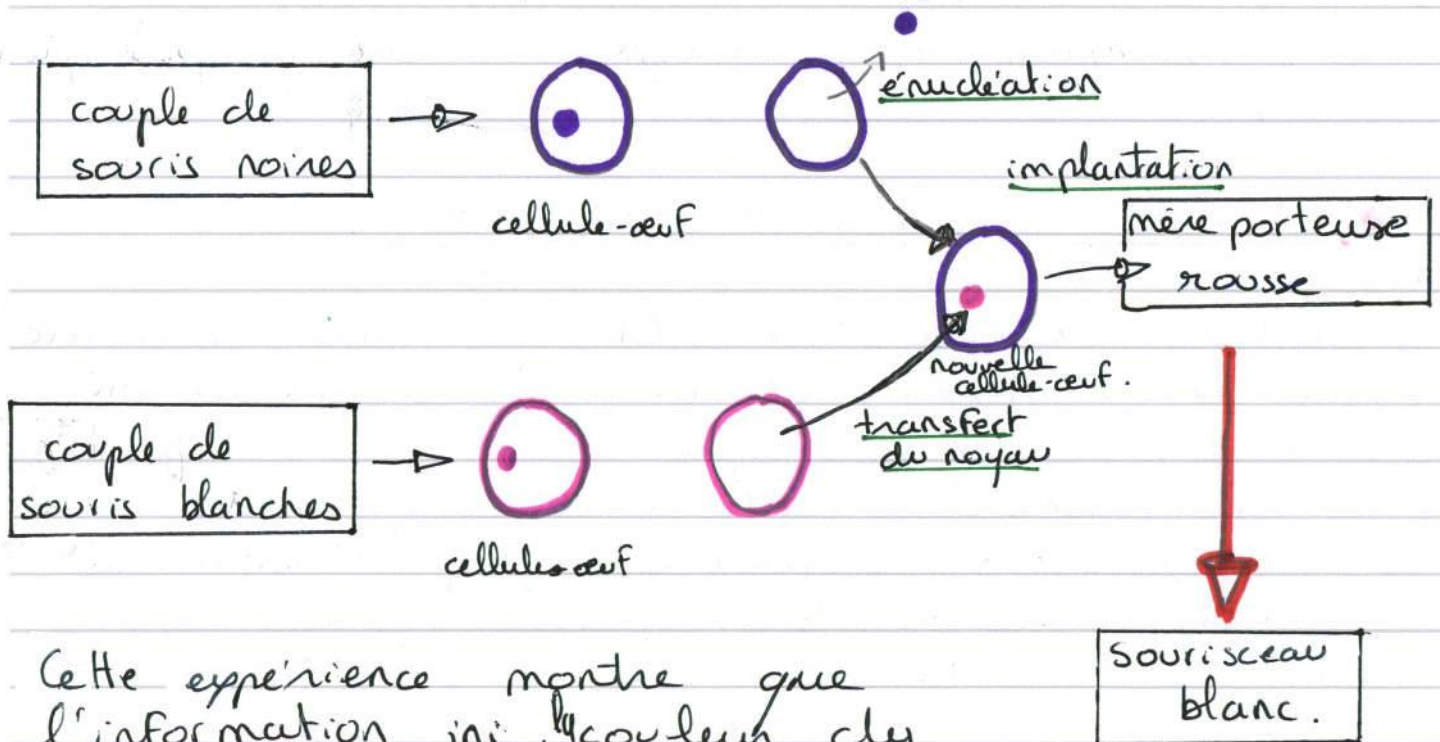
B- Localisation

• ADN

Chez les procaryotes, dans le cytoplasme mais localisé dans la cellule au niveau du nucléosome.

Chez les eucaryotes, dans le noyau des cellules.

Mise en évidence avec l'expérience de transfert de noyau.



Cette expérience montre que l'information, ici, le couleur du pelage, est portée par la molécule d'ADN, se trouve bien dans le noyau des cellules eucaryotes.

• ARN

L'ARN se situe dans le cytoplasme des cellules.

Les premiers êtres vivants hypothétiques apparaissant sur Terre seraient procaryotes. Au fur et à mesure du temps, la complexification du vivant tend à augmenter la taille des organismes et donc de leurs cellules. (1 μm en moyenne chez les procaryotes contre 10 μm chez les eucaryotes).

En terme de volume cellulaire, cela augmente considérablement ce qui provoque une nouvelle problématique pour le vivant :

Comment rester fonctionnel du point de vue des enzymes dont l'efficacité dépend de la concentration dans des volumes cellulaires plus importants ?

Sélection de cellules compartimentées (organites) qui permettent aux organismes d'augmenter leurs tailles.

Le noyau aura alors pour fonction la protection du support de l'information génétique et de concentrer les enzymes nécessaires à la transcription.

Maintenant que nous avons vu les structure et localisation des génomes et transcriptomes, nous nous intéresserons aux mécanismes permettant le passage de l'un à l'autre.

II- Mécanismes de la transcription.

La transcription est l'ensemble des mécanismes permettant de passer de l'ADN aux ARN.

A- La transcription

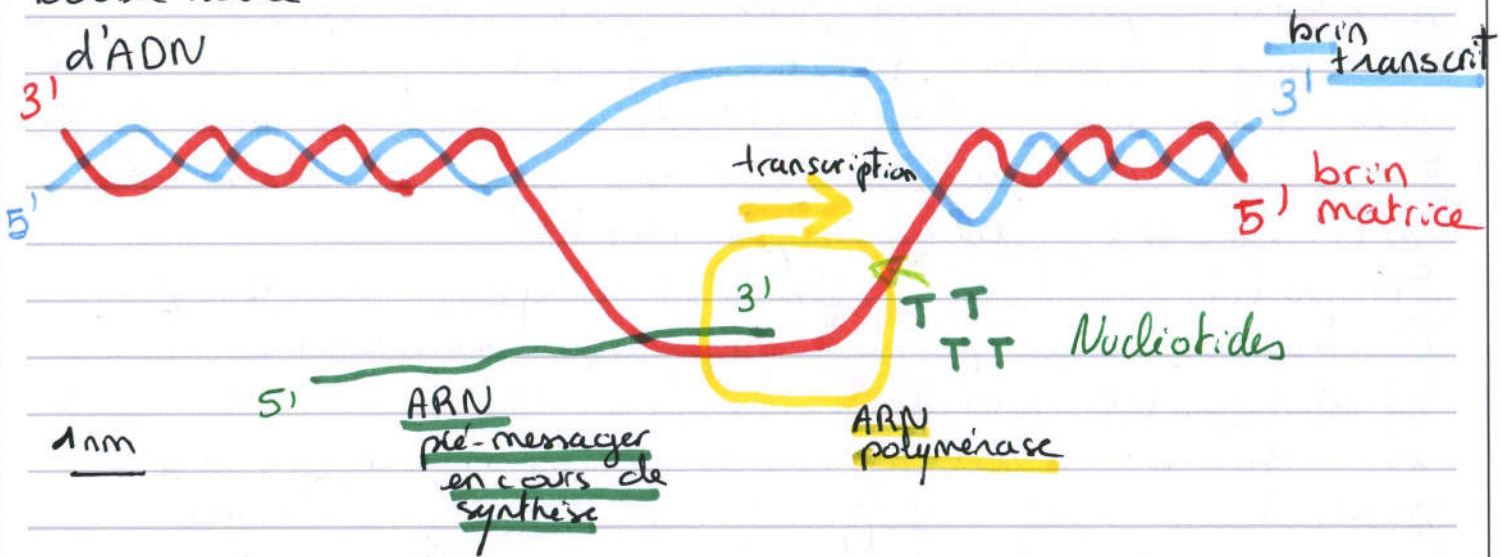
La transcription permet de transcrire la séquence nucléotidique de l'ADN

en séquence nucléotidique d'ARN. Cela nécessite un ensemble protéique permettant :

- de dérouler les brins d'ADN
- de séparer le brin transcrit et le brin matrice
- de synthétiser le brin d'ARN
= ARN polymérase. (enzyme)

Double helice

d'ADN



Schema du mécanisme de transcription.

La synthèse de l'ARN mi-messager se fait au niveau d'un "œil" ^{de transcription} au niveau duquel les deux brins d'ADN sont séparés.

L'ARN polymérase peut alors se fixer (en amont du codon initiateur) et commencer la transcription dans le sens 5' vers 3'.

On a donc au niveau de l'ADN, le brin transcrit qui aura la même séquence nucléotidique que l'ARN pré-messager (sauf pour la thymine qui sera de l'uracile). Et le brin matrice qui est utilisé par l'ARN polymérase pour fabriquer le brin complémentaire.

Maintenant que nous avons vu comment est recopiée l'information, voyons comment

Epreuve - Matière : 101-3760

Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

l'ARN pré-messager devient l'ARN messager.

B- La maturation

Il existe à cette étape une différence notable entre procaryotes et eucaryotes. En effet, il existe dans la séquence d'un gène, une portion qui ne contient pas d'information, appelée intron.

Chez les procaryotes, il y a peu d'intron, la majorité du génome est exprimée ce qui n'est pas le cas chez les eucaryotes où la portion de gènes exprimés (exons) est minoritaire.

Cette différence notée, voyons comment cela fonctionne pour passer d'un ARN pré-messager à un ARN mature.

ADN



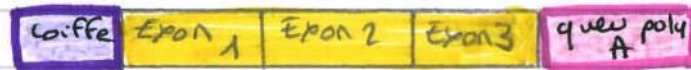
↓ Transcription

ARN pré-messager



↓ Maturation

ARN messager.



Schema illustrant la maturation d'un ARN pré-messager.

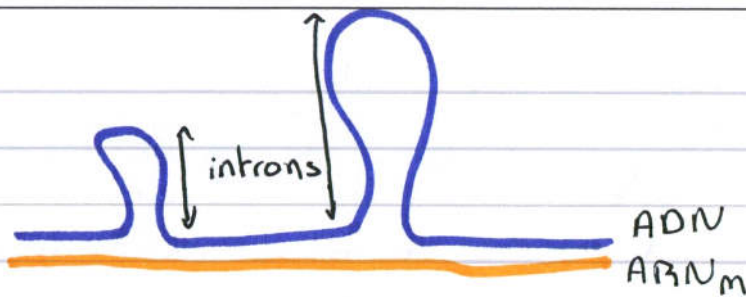
Deux phénomènes ont lieu lors de la maturation de l'ARN pré-messager :

- l'épissage : cela consiste à éliminer les Introns de la séquence pour ne conserver que les exons.

Cela est particulièrement visible chez les eucaryotes où le génome est dit en mosaïque.

- la mise en place d'une coiffe et d'une queue poly A.

Le génome en mosaïque est mis en évidence lorsque l'on essaye d'hybrider la portion d'ADN avec son ARN messager mature. On obtient des portions hybridées mais des aussi des boucles qui ne trouvent pas leurs bases complémentaires en face (qui correspondent donc aux introns).



Schema de l'observation microscopique
qui a permis de mettre en évidence
le genome en mosaïque des eucaryotes.

Il peut y avoir, lors de la transcription, des erreurs de recopiage. Il existe des mécanismes de relecture et réparation qui permettent de les corriger.

Par la suite, les ARNm matures sont prêts à sortir du noyau via les pores nucléaires mis en évidence grâce à la technique de cryofracture permettant de les observer en microscopie. (Protéines constituant les pores).

les ARNm plus petits peuvent donc sortir du noyau pour être traduits grâce à des protéines présentes dans le cytoplasme.

Ils ont une durée de vie courte par rapport à l'ADN qui est permanente.

Notons qu'il existe d'autres ARN tels que les ARN ribosomiques les ARN mitochondriaux etc. qui interviennent dans d'autres mécanismes. (traduction - respiration).

Maintenant que nous avons vu les mécanismes de la transcription, voyons comment cette dernière est régulée.

III- Régulation de la transcription.

Toutes les cellules d'un organisme vivant contiennent les mêmes informations génétiques (cellules somatiques) mais toutes n'expriment pas les mêmes gènes. (cellules spécialisées). (Sauf plasmocytes).

Pour répondre à la problématique de la pluricellularité, la spécialisation des cellules a été nécessaire.

Ainsi pour savoir ce qu'exprime une cellule (gène) on cherche les ARNm du gène cherché.

A- Régulation chez les procaryotes.

Exemple de l'opéron lactose.

L'opéron lactose est présent chez les bactéries et permet la digestion du lactose. Un opéron est l'organisation de plusieurs gènes les uns à la suite des autres (3 gènes ici) qui sont régulés par une même séquence régulatrice. Ces 3 gènes interviennent dans les mécanismes de digestion du lait.

Ils sont alors ^{exprimés} tous ensemble ou non.

On dit l'opéron lactose polycistronique.

B- Régulation chez les eucaryotes.

Chez les eucaryotes, le gène est constitué du cistron (ce qui est transcrit) avec en amont un codon initiateur et en aval un codon stop qui permettent d'initier et de stopper la transcription.

Epreuve - Matière : 101-3760

Session : 2025

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuillet officiel, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Remplir soigneusement le cadre relatif au concours OU à l'examen qui vous concerne.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuillet officiel.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) sur le nombre total de pages que comporte la copie (y compris les pages vierges).
- Placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre de numérotation des pages.

En amont, du codon initiateur, on retrouve une séquence spécifique reconnue par l'ARN polymérase et lui permet de se fixer sur la séquence.

On retrouve également le promoteur.

On peut retrouver plusieurs nucléotides en amont, les séquences régulatrices telles que les TATA box.

L'expression du génome est donc un phénomène régulé qui permet l'optimisation du fonctionnement de l'organisme, qu'il soit unicellulaire ou pluricellulaire.

Conclusion

Nous avons vu que les différences de structures de l'ADN permettent au génome et transcriptome de remplir des fonctions différentes. L'un va rester dans le noyau en deux copies durant toute la vie de l'individu.

C'est une molécule plutôt volumineuse mais stable. L'autre sera plus petite (ARN) et pourra alors passer la barrière nucléaire pour atteindre le cytoplasme. Elle sera alors rapidement dégradée du fait de ce changement de structure.

Dans un second temps, nous avons montré comment l'information, la séquence nucléotidique est conservée, lors du passage d'ADN et d'ARN.

Enfin, nous avons discuté de la régulation de la transcription en fonction des cellules dans lesquels on se situe, en fonction des besoins de l'organisme.

En comprenant ces mécanismes, on peut travailler sur des problématiques de santé, telles que la thérapie génique.

Des avancées sur les maladies génétiques telles que la mucoviscidose sont en cours actuellement. (Identification de la mutation provoquant le dysfonctionnement). Insertion d'un nouveau gène fonctionnel via aérosol grâce à un vecteur viral par exemple.

Ces essais prometteurs sont une des espoirs pour les patients atteints de maladies génétiques.

