

L'ARN, couteau suisse de la cellule

Hervé Seitz

IGH (unité mixte n°9002, CNRS et université de Montpellier)

13 avril 2022

Diaporama disponible sur :

http://www.igh.cnrs.fr/equip/Seitz/ARN_RLC2022.pdf

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique

Chaque être vivant contient une information qui lui permet de se construire et de se préserver (à peu près) à l'identique.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique

Chaque être vivant contient une information qui lui permet de se construire et de se préserver (à peu près) à l'identique.

L'information génétique permet de fabriquer un être vivant, à partir de matière prélevée dans l'environnement.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique

Chaque être vivant contient une information qui lui permet de se construire et de se préserver (à peu près) à l'identique.

L'information génétique permet de fabriquer un être vivant, à partir de matière prélevée dans l'environnement.

Elle est transmise à la descendance.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique

Chaque être vivant contient une information qui lui permet de se construire et de se préserver (à peu près) à l'identique.

L'information génétique permet de fabriquer un être vivant, à partir de matière prélevée dans l'environnement.

Elle est transmise à la descendance.

Matériellement : l'information génétique est une succession de groupements d'atomes le long de la molécule d'ADN, dans les chromosomes.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

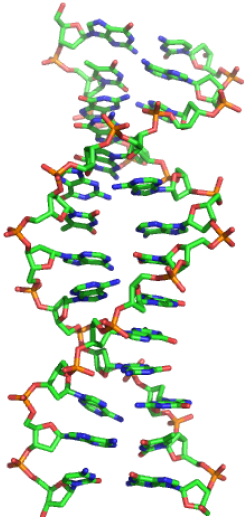
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique moléculaire



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

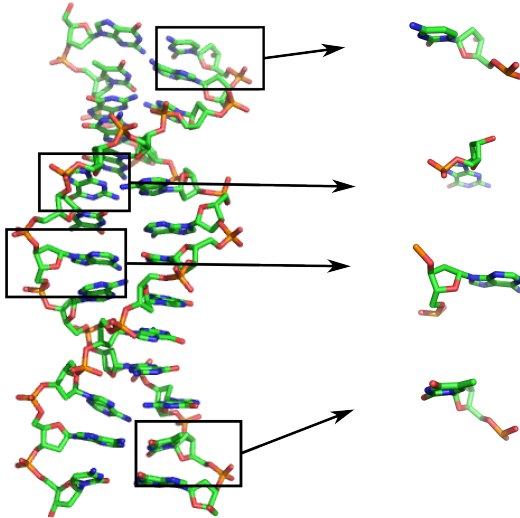
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique moléculaire



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

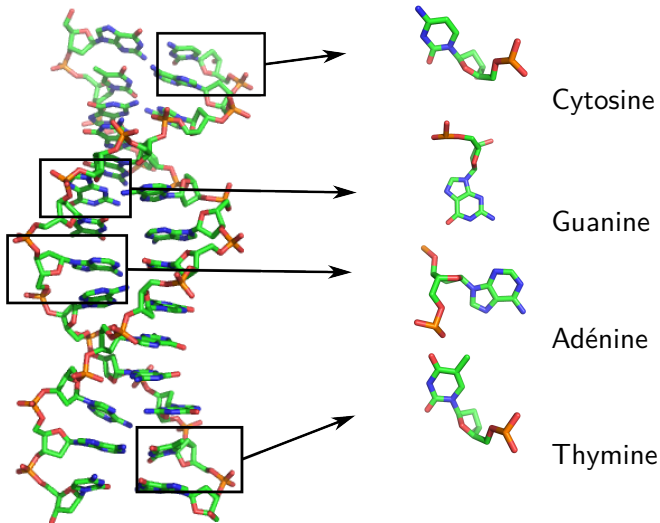
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique moléculaire



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

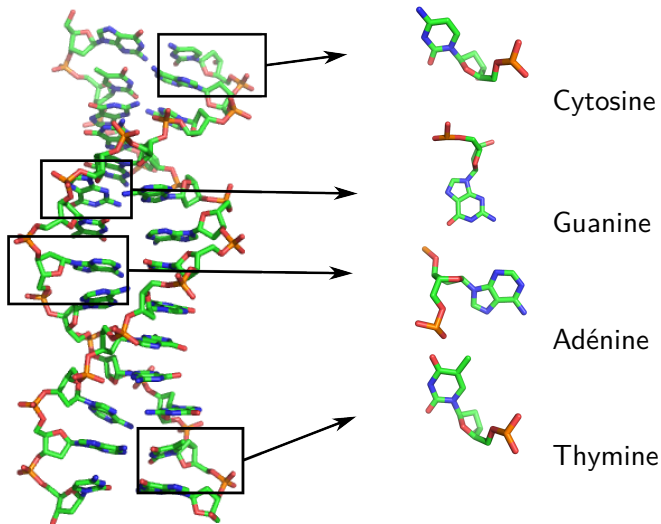
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique moléculaire



Dans les cellules, l'ADN est couvert de protéines, ce qui forme les « chromosomes ».

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique moléculaire

Comment une molécule (microscopique !) peut-elle influencer les caractéristiques d'un organisme (macroscopique) ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Rappels : la génétique moléculaire

Comment une molécule (microscopique !) peut-elle influencer les caractéristiques d'un organisme (macroscopique) ?

L'information génétique, sur l'ADN, est une recette : comment le plat est-il préparé à partir de la recette ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Composition de la cellule

L'ARN, couteau
suisse de la cellule

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

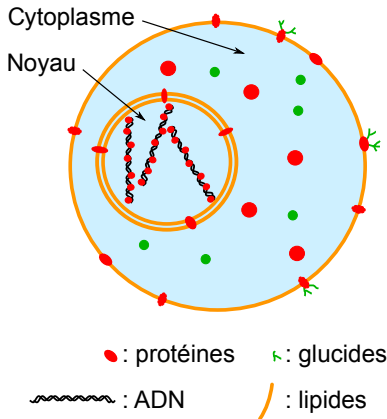
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Composition de la cellule



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

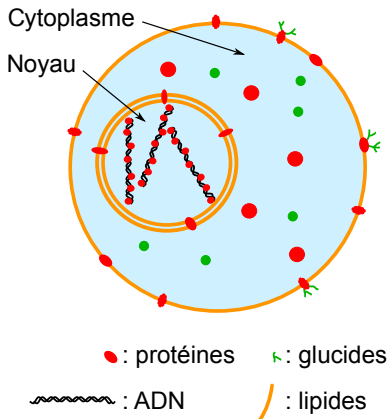
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Composition de la cellule



Les enzymes peuvent convertir, avec une grande efficacité et une grande spécificité, des composés chimiques en d'autres composés chimiques.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

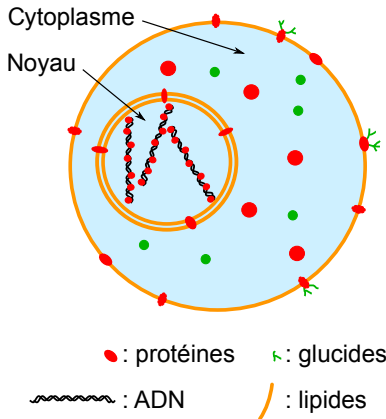
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Composition de la cellule



Les enzymes peuvent convertir, avec une grande efficacité et une grande spécificité, des composés chimiques en d'autres composés chimiques.

La presque totalité d'entre elles sont des protéines.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

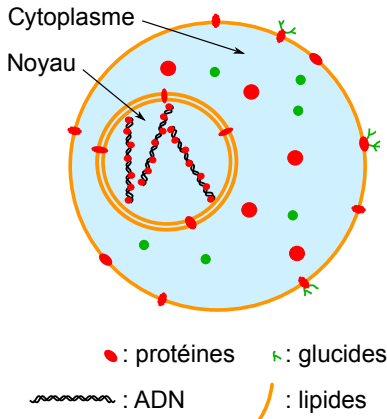
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Composition de la cellule



Les enzymes peuvent convertir, avec une grande efficacité et une grande spécificité, des composés chimiques en d'autres composés chimiques.

La **presque** totalité d'entre elles sont des protéines.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

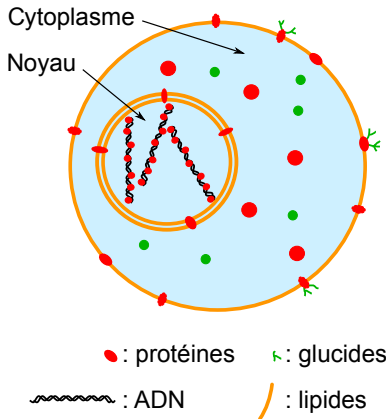
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Composition de la cellule



Réactifs initiaux (issus de l'alimentation
et de la respiration)

Enzymes

Protéines
Glucides
Lipides
autres composés

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines

L'ARN, couteau
suisse de la cellule

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

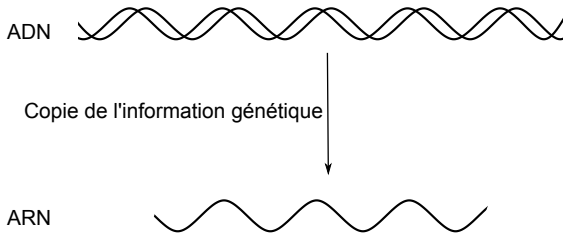
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

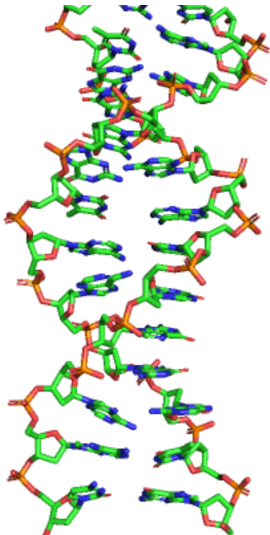
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines

ADN :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

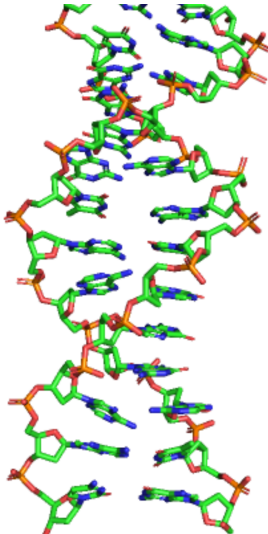
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines

ADN :



ARN :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

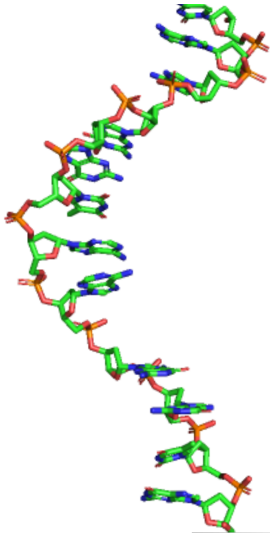
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines

ADN :



ARN :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

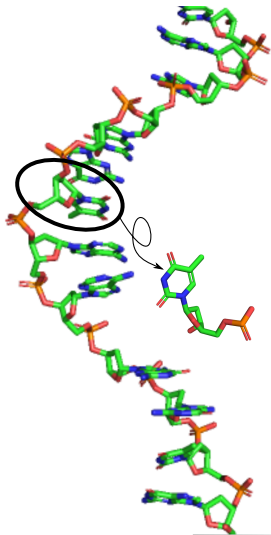
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

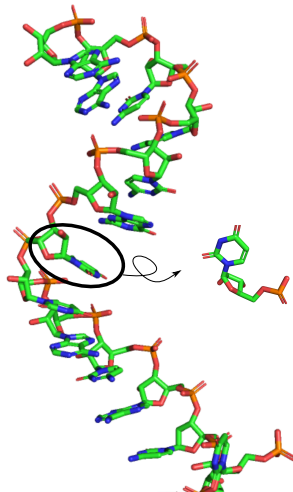
Histoire évolutive

La synthèse des protéines

ADN :



ARN :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

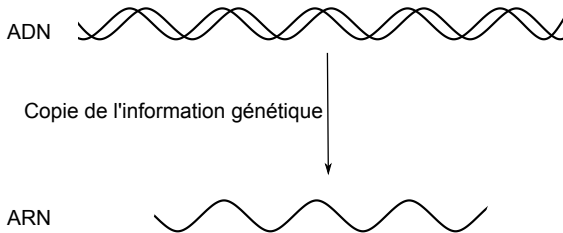
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

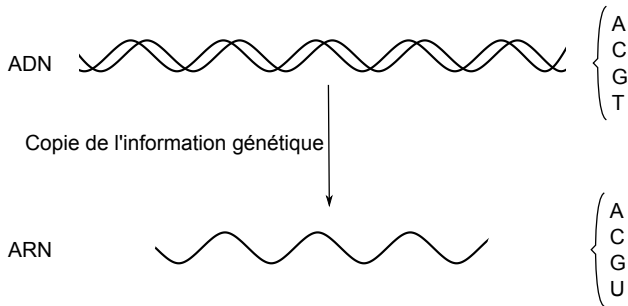
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

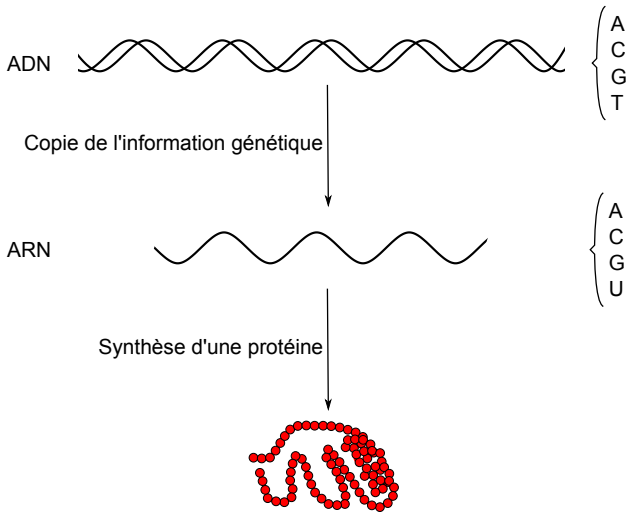
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

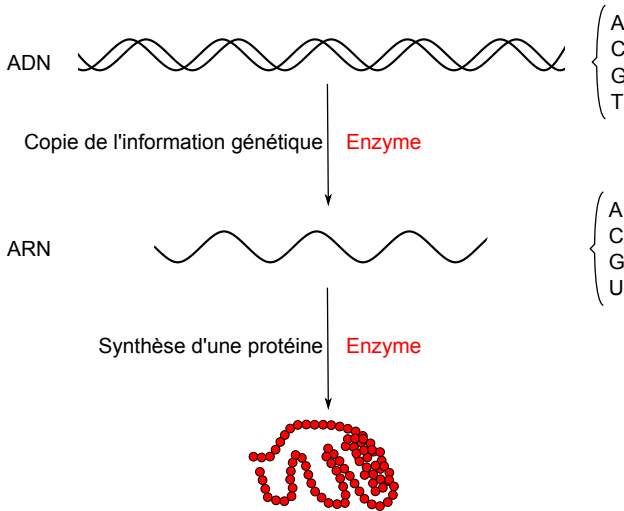
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

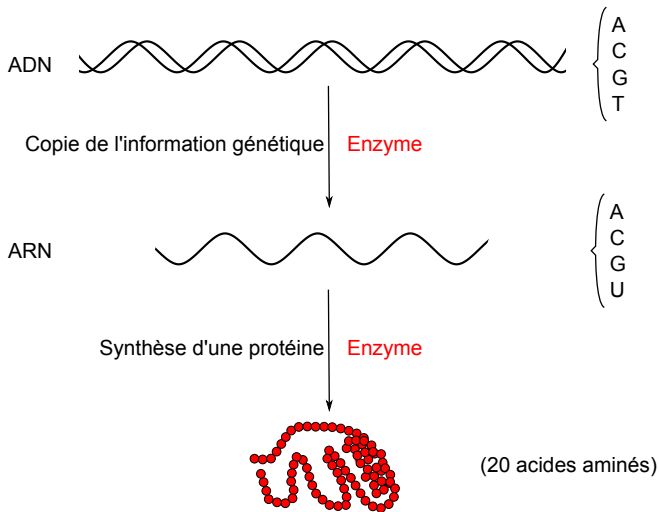
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines

... AUGACUAGUGUGUGCAUGCUGUACCCGCAG ...

Méthionine	Thréonine	Sérine	Valine	Cystéine	Méthionine	Leucine	Tyrosine	Proline	Glutamine
------------	-----------	--------	--------	----------	------------	---------	----------	---------	-----------

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

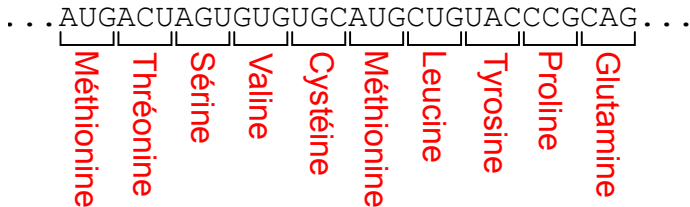
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

La synthèse des protéines



Le code génétique est une table de conversion entre le langage de l'ADN (et de l'ARN), à 4 lettres, et le langage des protéines, à 20 lettres.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

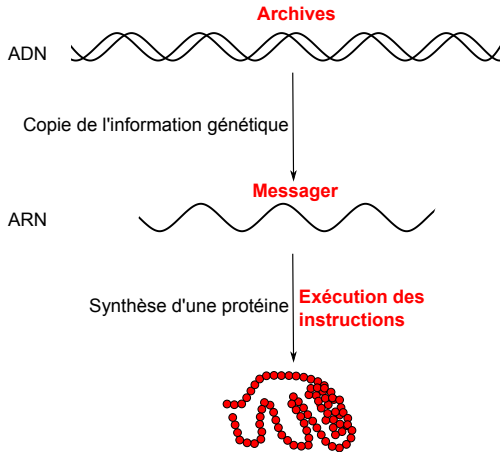
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN messagers



L'ARN, couteau
suisse de la cellule

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Application biotechnologique : vaccins à ARN

Types de vaccins :

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Application biotechnologique : vaccins à ARN

Types de vaccins :

- ▶ pathogène atténué

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Application biotechnologique : vaccins à ARN

Types de vaccins :

- ▶ pathogène atténué
- ▶ protéine du pathogène (de synthèse, ou : par un virus atténué)

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Application biotechnologique : vaccins à ARN

Types de vaccins :

- ▶ pathogène atténué
- ▶ protéine du pathogène (de synthèse, ou : par un virus atténué)
- ▶ ARN codant une protéine du pathogène

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Application biotechnologique : vaccins à ARN

Types de vaccins :

- ▶ pathogène atténué
- ▶ protéine du pathogène (de synthèse, ou : par un virus atténué)
- ▶ ARN codant une protéine du pathogène

Obstacles à lever : haute dégradabilité ; immunogénicité.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Application biotechnologique : vaccins à ARN

Types de vaccins :

- ▶ pathogène atténué
- ▶ protéine du pathogène (de synthèse, ou : par un virus atténué)
- ▶ ARN codant une protéine du pathogène

Obstacles à lever : haute dégradabilité ; immunogénicité.

Modifications chimiques de l'ARN → plus stable, moins immunogène

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Application biotechnologique : vaccins à ARN

Types de vaccins :

- ▶ pathogène atténué
- ▶ protéine du pathogène (de synthèse, ou : par un virus atténué)
- ▶ ARN codant une protéine du pathogène

Obstacles à lever : haute dégradabilité ; immunogénicité.

Modifications chimiques de l'ARN → plus stable, moins immunogène (mais encore un peu : pas besoin d'adjuvant).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

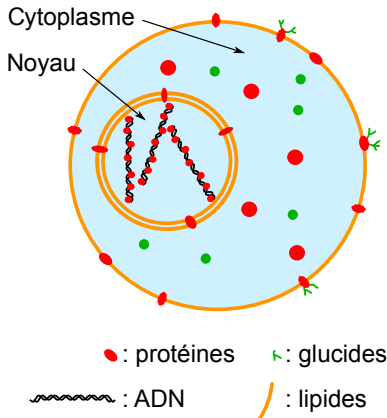
Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN catalytiques



Réactifs initiaux (issus de l'alimentation
et de la respiration)

Enzymes

Protéines
Glucides
Lipides
autres composés

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

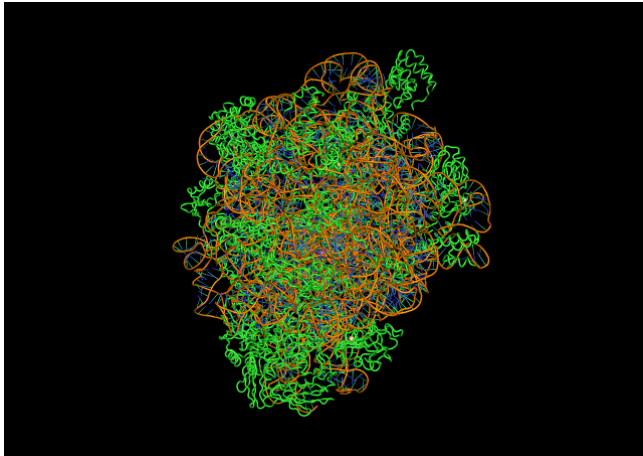
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN catalytiques

La machinerie de synthèse des protéines : une enzyme à base d'ARN.



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN catalytiques

La principale différence entre ARN et ADN (le groupement « alcool ») rend l'ARN beaucoup plus réactif chimiquement.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN catalytiques

La principale différence entre ARN et ADN (le groupement « alcool ») rend l'ARN beaucoup plus réactif chimiquement.

- ▶ participe facilement à de nombreuses réactions chimiques (→ rôle enzymatique) ;

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN catalytiques

La principale différence entre ARN et ADN (le groupement « alcool ») rend l'ARN beaucoup plus réactif chimiquement.

- ▶ participe facilement à de nombreuses réactions chimiques (→ rôle enzymatique) ;
- ▶ beaucoup moins stable biochimiquement (→ courte durée de vie).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

L'ARN, couteau
suisse de la cellule

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

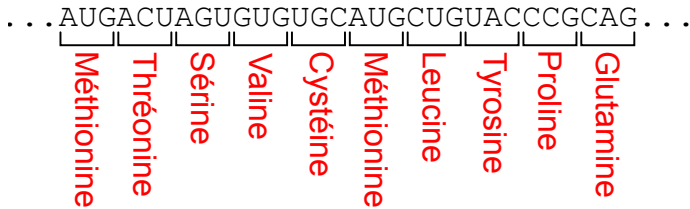
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

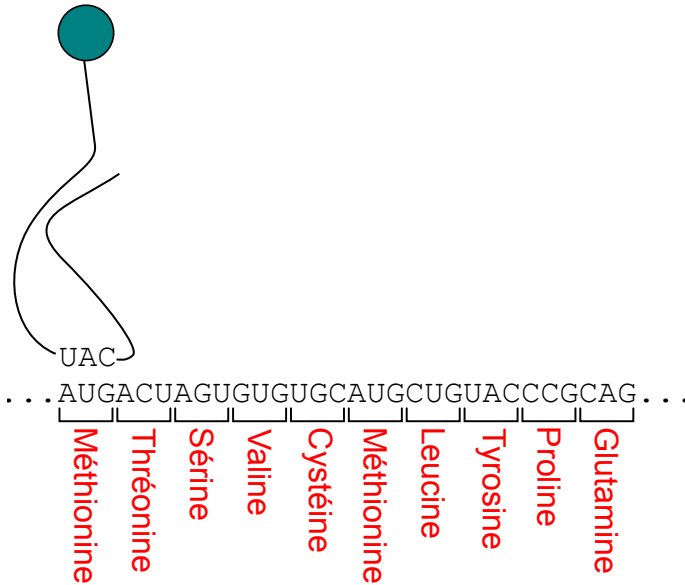
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

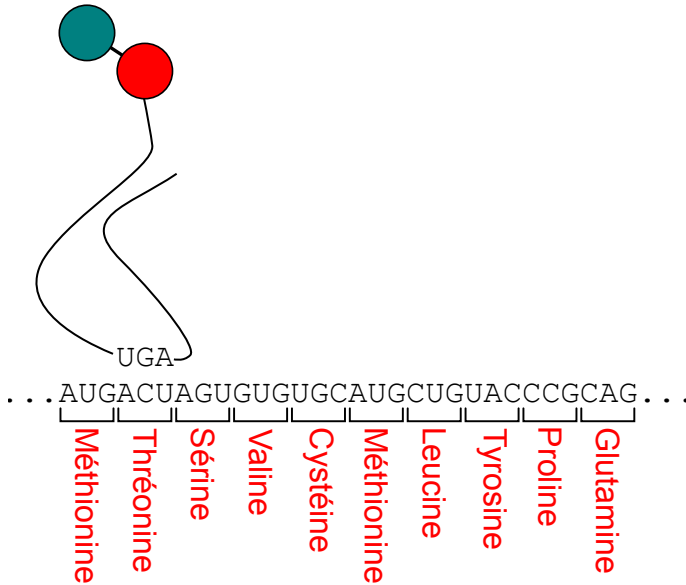
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

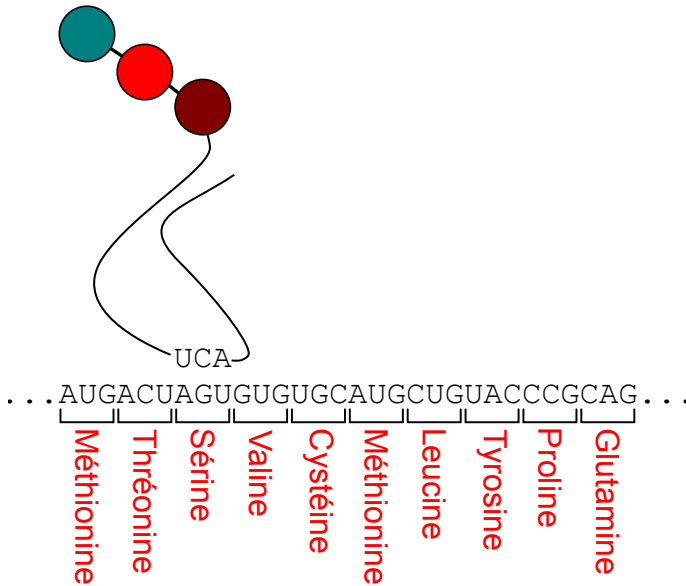
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

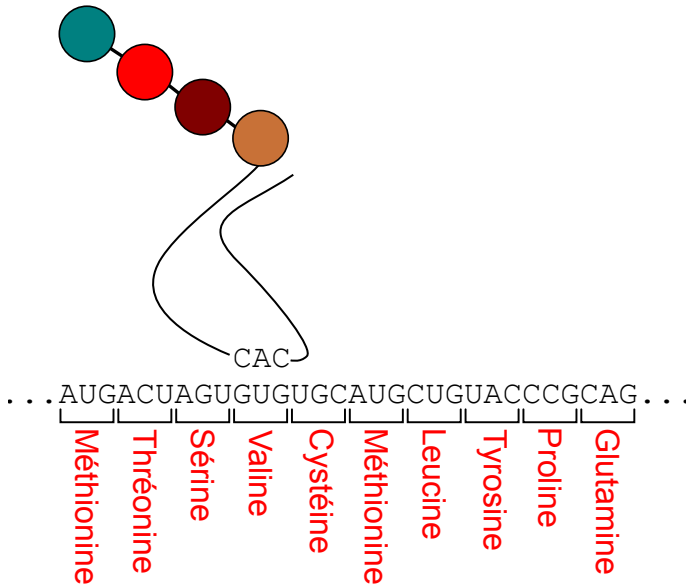
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

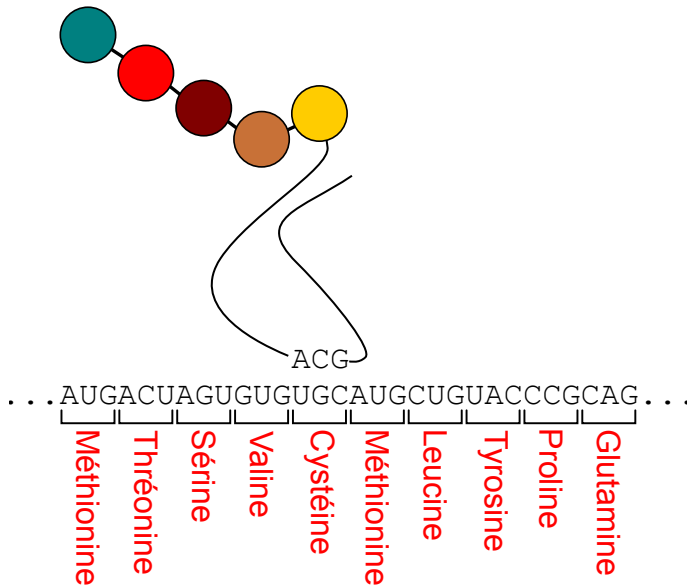
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

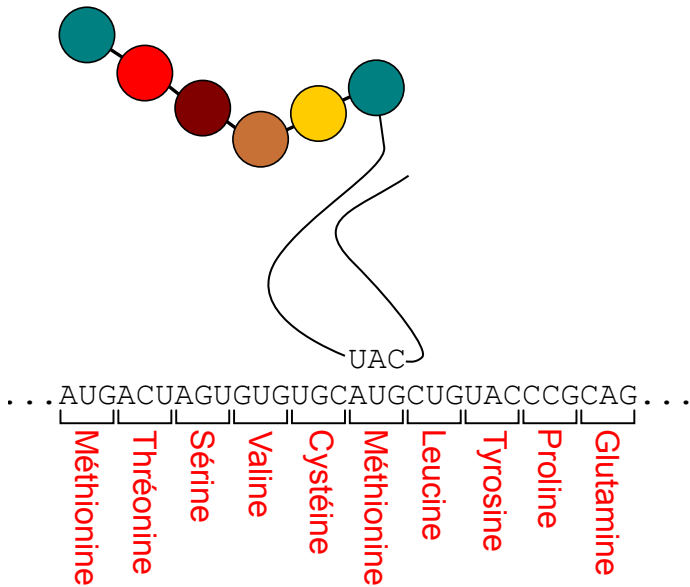
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

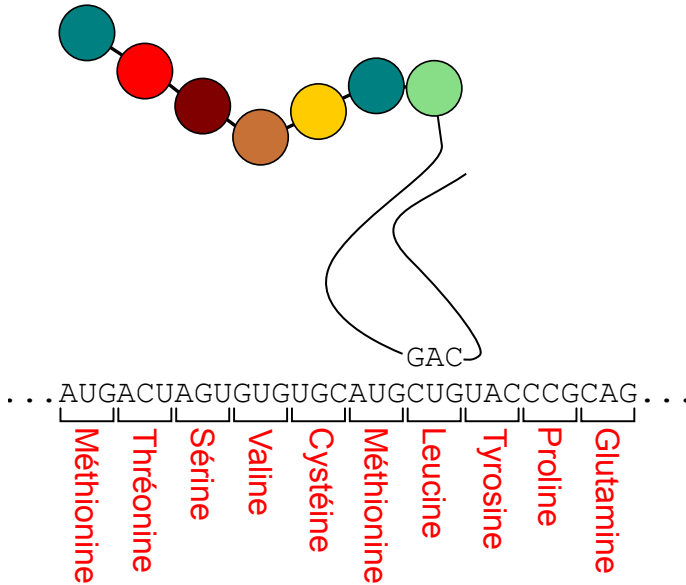
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

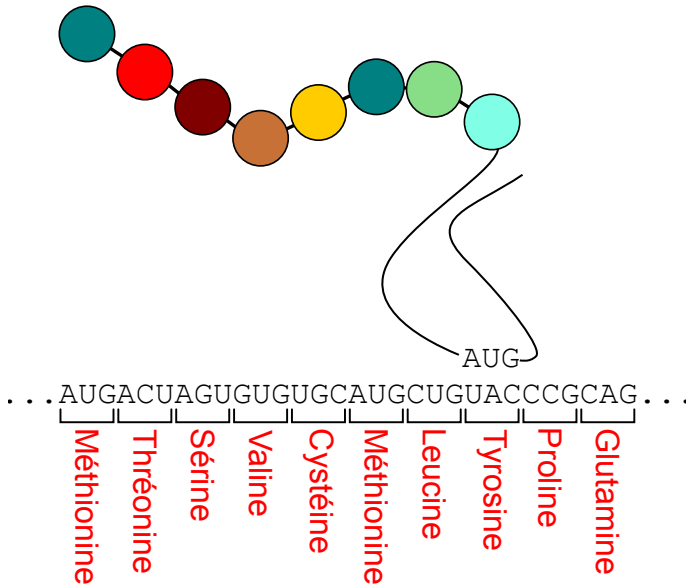
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

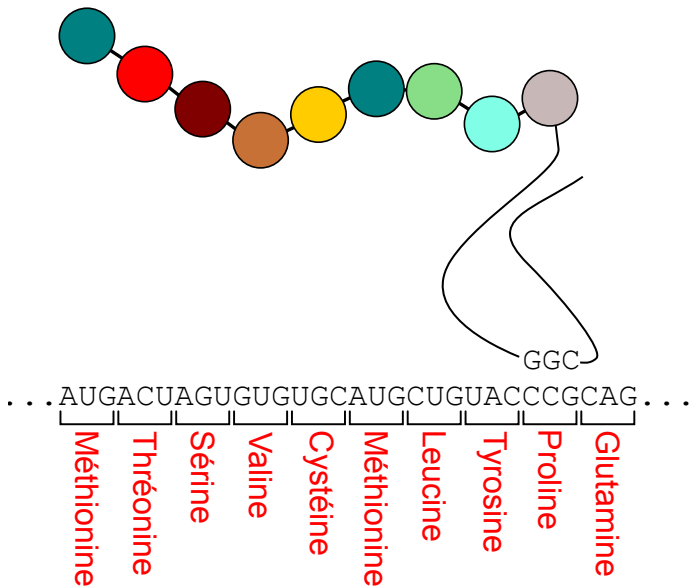
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

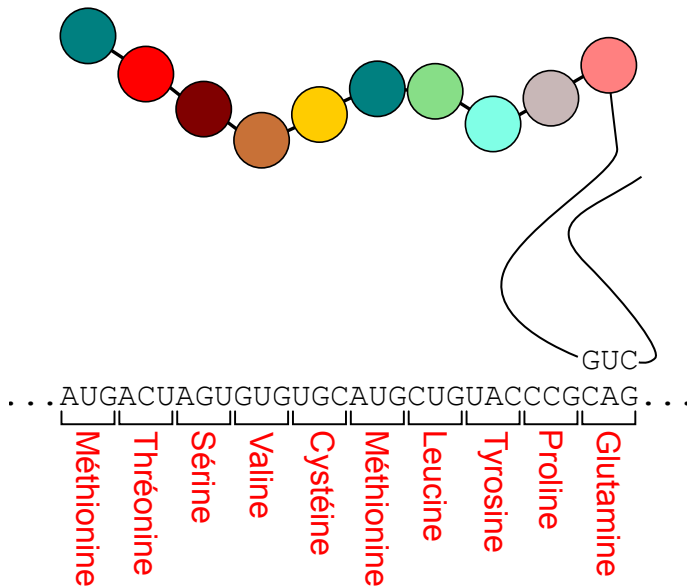
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

ARN de transfert :



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

Une grande variété d'autres ARN-guides, aux rôles multiples :

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

Une grande variété d'autres ARN-guides, aux rôles multiples :

- ▶ Maturation des ARN messagers

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

Une grande variété d'autres ARN-guides, aux rôles multiples :

- ▶ Maturation des ARN messagers
- ▶ Maturation des ARN catalytiques

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

Une grande variété d'autres ARN-guides, aux rôles multiples :

- ▶ Maturation des ARN messagers
- ▶ Maturation des ARN catalytiques
- ▶ Régulation de la stabilité d'ARN messagers spécifiques

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Les ARN-guides

Une grande variété d'autres ARN-guides, aux rôles multiples :

- ▶ Maturation des ARN messagers
- ▶ Maturation des ARN catalytiques
- ▶ Régulation de la stabilité d'ARN messagers spécifiques

Un principe commun : la formation d'une double hélice d'ARN (→ cibles spécifiques).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

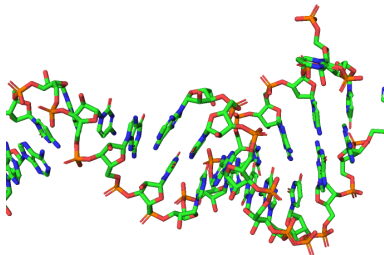
Histoire évolutive

Les ARN-guides

Une grande variété d'autres ARN-guides, aux rôles multiples :

- ▶ Maturation des ARN messagers
- ▶ Maturation des ARN catalytiques
- ▶ Régulation de la stabilité d'ARN messagers spécifiques

Un principe commun : la formation d'une double hélice d'ARN (→ cibles spécifiques).



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Des génomes en ARN

Chez certains virus

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Des génomes en ARN

Chez certains virus (notamment le SARS-CoV-2).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

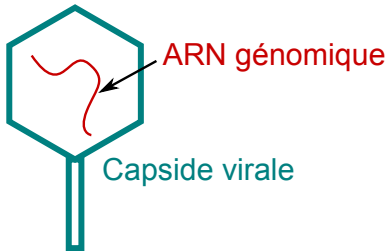
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Des génomes en ARN

Chez certains virus (notamment le SARS-CoV-2).



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

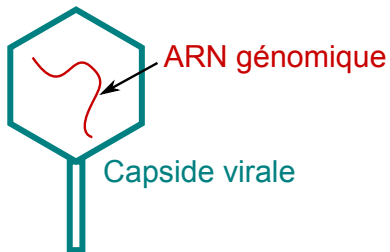
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Des génomes en ARN

Chez certains virus (notamment le SARS-CoV-2).



Parfois, l'ARN génomique du virus est un ARN messager (lu par la machinerie de synthèse des protéines).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

L'ARN, couteau
suisse de la cellule

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

**ARN et contrôle
épigénétique**

Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

« Modification épigénétique » : affecte l'expression des gènes de manière transmissible en l'absence du stimulus déclencheur, et sans modification de la séquence des gènes.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

« Modification épigénétique » : affecte l'expression des gènes de manière transmissible en l'absence du stimulus déclencheur, et sans modification de la séquence des gènes.

Exemple : la paramutation chez le Maïs :

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

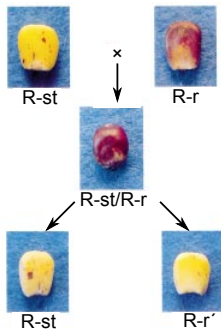
Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

« Modification épigénétique » : affecte l'expression des gènes de manière transmissible en l'absence du stimulus déclencheur, et sans modification de la séquence des gènes.

Exemple : la paramutation chez le Maïs :



(tiré de [Chandler et al., 2000](#))

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

Des ARN sont impliqués dans l'établissement ou le maintien de modifications épigénétiques chez des Plantes, des Champignons, le Nématode *Cænorhabditis elegans*, ...

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

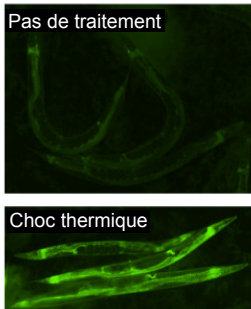
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

Des ARN sont impliqués dans l'établissement ou le maintien de modifications épigénétiques chez des Plantes, des Champignons, le Nématode *Cænorhabditis elegans*, ...



(tiré de [Houri-Zeevi et al., 2021](#))

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

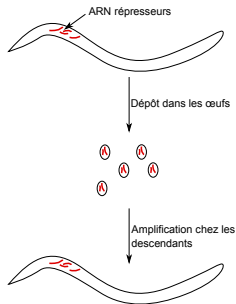
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

Des ARN sont impliqués dans l'établissement ou le maintien de modifications épigénétiques chez des Plantes, des Champignons, le Nématode *Cænorhabditis elegans*, ...



Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

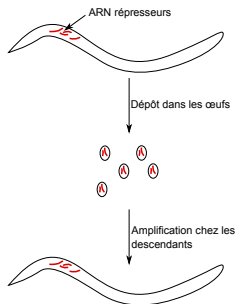
ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

ARN et contrôle épigénétique

Des ARN sont impliqués dans l'établissement ou le maintien de modifications épigénétiques chez des Plantes, des Champignons, le Nématode *Cænorhabditis elegans*, ...



Une résurgence du lamarckisme (transmission de caractères acquis) ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Vaccins à ARN (accélérés par la crise du Covid ?).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Possibilité théorique de réprimer spécifiquement l'expression de gènes toxiques :

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Possibilité théorique de réprimer spécifiquement l'expression de gènes toxiques :

- ▶ gènes viraux

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Possibilité théorique de réprimer spécifiquement l'expression de gènes toxiques :

- ▶ gènes viraux
- ▶ oncogènes

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Possibilité théorique de réprimer spécifiquement l'expression de gènes toxiques :

- ▶ gènes viraux
- ▶ oncogènes
- ▶ maladies génétiques dominantes (ex. : maladie de Huntington)

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Possibilité théorique de réprimer spécifiquement l'expression de gènes toxiques :

- ▶ gènes viraux
- ▶ oncogènes
- ▶ maladies génétiques dominantes (ex. : maladie de Huntington)
- ▶ ...

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Possibilité théorique de réprimer spécifiquement l'expression de gènes toxiques :

- ▶ gènes viraux
- ▶ oncogènes
- ▶ maladies génétiques dominantes (ex. : maladie de Huntington)
- ▶ ...

Pour l'heure : 3 médicaments autorisés à base d'ARN
(patisiran → amylose héréditaire à transthyrétine ;
givosiran → porphyries hépatiques aiguës ; lumasiran →
hyperoxalurie de type 1).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Applications médicales

Possibilité théorique de réprimer spécifiquement l'expression de gènes toxiques :

- ▶ gènes viraux
- ▶ oncogènes
- ▶ maladies génétiques dominantes (ex. : maladie de Huntington)
- ▶ ...

Pour l'heure : 3 médicaments autorisés à base d'ARN
(patisiran → amylose héréditaire à transthyrétine ;
givosiran → porphyries hépatiques aiguës ; lumasiran →
hyperoxalurie de type 1).

Une limitation majeure : seul le foie est efficacement ciblé pour le moment.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Le « monde à ARN » : origine du vivant ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Le « monde à ARN » : origine du vivant ?

- ▶ ADN, ARN et protéines sont inter-dépendants

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Le « monde à ARN » : origine du vivant ?

- ▶ ADN, ARN et protéines sont inter-dépendants
- ▶ Les trois ne sont sans doute pas apparus simultanément

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Le « monde à ARN » : origine du vivant ?

- ▶ ADN, ARN et protéines sont inter-dépendants
- ▶ Les trois ne sont sans doute pas apparus simultanément
- ▶ ADN : pas d'activité enzymatique ; protéines : pas de réplication de leur information

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Le « monde à ARN » : origine du vivant ?

- ▶ ADN, ARN et protéines sont inter-dépendants
- ▶ Les trois ne sont sans doute pas apparus simultanément
- ▶ ADN : pas d'activité enzymatique ; protéines : pas de réplication de leur information
- ▶ Composants de l'ADN : dérivent des composants de l'ARN

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Le « monde à ARN » : origine du vivant ?

- ▶ ADN, ARN et protéines sont inter-dépendants
- ▶ Les trois ne sont sans doute pas apparus simultanément
- ▶ ADN : pas d'activité enzymatique ; protéines : pas de réplication de leur information
- ▶ Composants de l'ADN : dérivent des composants de l'ARN
- ▶ Certaines enzymes et co-enzymes sont basées sur des composants de l'ARN

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Une molécule universelle dans le monde vivant. Et au-delà !
Cf virus.

Le « monde à ARN » : origine du vivant ?

- ▶ ADN, ARN et protéines sont inter-dépendants
- ▶ Les trois ne sont sans doute pas apparus simultanément
- ▶ ADN : pas d'activité enzymatique ; protéines : pas de réplication de leur information
- ▶ Composants de l'ADN : dérivent des composants de l'ARN
- ▶ Certaines enzymes et co-enzymes sont basées sur des composants de l'ARN

—> un organisme ancestral, où l'ARN assure le stockage de l'information génétique et la catalyse des réactions chimiques ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Synthèse des protéines : un raffinement ultérieur ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Synthèse des protéines : un raffinement ultérieur ?

La machinerie de synthèse des protéines est basée sur des ARN.

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Synthèse des protéines : un raffinement ultérieur ?

La machinerie de synthèse des protéines est basée sur des ARN.

Apparition de l'ADN : stabilisation du génome ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Synthèse des protéines : un raffinement ultérieur ?

La machinerie de synthèse des protéines est basée sur des ARN.

Apparition de l'ADN : stabilisation du génome ?

Aucun fossile ...

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Synthèse des protéines : un raffinement ultérieur ?

La machinerie de synthèse des protéines est basée sur des ARN.

Apparition de l'ADN : stabilisation du génome ?

Aucun fossile ...

- ▶ Réactions chimiques spontanées, dans des conditions prébiotiques crédibles → composants de l'ARN ([Becker et al., 2019](#)).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Synthèse des protéines : un raffinement ultérieur ?

La machinerie de synthèse des protéines est basée sur des ARN.

Apparition de l'ADN : stabilisation du génome ?

Aucun fossile ...

- ▶ Réactions chimiques spontanées, dans des conditions prébiotiques crédibles → composants de l'ARN (Becker *et al.*, 2019).
- ▶ Une molécule d'ARN capable de répliquer l'ARN (Johnston *et al.*, 2001).

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive

Histoire évolutive

Synthèse des protéines : un raffinement ultérieur ?

La machinerie de synthèse des protéines est basée sur des ARN.

Apparition de l'ADN : stabilisation du génome ?

Aucun fossile ...

- ▶ Réactions chimiques spontanées, dans des conditions prébiotiques crédibles → composants de l'ARN (Becker *et al.*, 2019).
- ▶ Une molécule d'ARN capable de répliquer l'ARN (Johnston *et al.*, 2001).

Apparition spontanée de longs ARN : peu crédible. Un ancêtre primordial pré-ARN ?

Rappels : la
génétique
moléculaire

Les ARN
messagers

Les ARN
catalytiques

Les ARN-guides

Des génomes en
ARN

ARN et contrôle
épigénétique

Applications
médicales

Histoire évolutive