

COURS DE GÉNÉTIQUE DES EUCARYOTES

cours structuré de génétique des eucaryotes, adaptée à un niveau universitaire (Licence/Bachelor en biologie, agronomie, sciences animales ou sciences de la vie). Le cours s'appuie notamment sur les principes de génétique classique, chromosomique, moléculaire et quantitative présentés dans les manuels de référence. ([NCBI](#))

1. Introduction à la génétique des eucaryotes

Article I. 1.1. Définition de la génétique

La **génétique** est la science qui étudie l'hérédité, la transmission des caractères biologiques d'une génération à l'autre, ainsi que la variation génétique au sein des populations.

Chez les eucaryotes, le matériel génétique est principalement contenu dans le **noyau**, sous forme de chromosomes constitués d'ADN associé à des protéines.

Les gènes constituent les unités fonctionnelles de l'hérédité. Ils peuvent être **répliqués, exprimés et mutés**. ([OpenStax](#))

Article II. 1.2. Organismes eucaryotes

Les eucaryotes comprennent notamment :

- les animaux ;
- les végétaux ;
- les champignons ;
- de nombreux protistes.

Une cellule eucaryote possède généralement :

- un noyau délimité par une membrane ;
- des chromosomes linéaires ;
- des organites membranaires ;
- un génome nucléaire et, chez certains organismes, des génomes mitochondriaux ou chloroplastiques.

CHAPITRE I — ORGANISATION DU MATÉRIEL GÉNÉTIQUE

2. ADN, gènes et chromosomes

L'**ADN (acide désoxyribonucléique)** est la principale molécule support de l'information génétique.

Il est constitué de nucléotides comportant :

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

L'appariement des bases repose sur :

- A avec T ;
- C avec G.

Article III. 2.1. Le gène

Un **gène** est une séquence d'ADN qui contribue à la production d'un produit fonctionnel, notamment un ARN ou une protéine.

Article IV. 2.2. Les allèles

Un même gène peut exister sous différentes formes appelées **allèles**.

Exemple :

A et a peuvent représenter deux allèles d'un même gène.

Un individu diploïde possède généralement deux copies d'un gène situé sur une paire de chromosomes homologues.

Article V. 2.3. Génotype et phénotype

Le **génotype** correspond à la constitution génétique d'un individu.

Le **phénotype** correspond aux caractères observables résultant de l'interaction entre le génotype et l'environnement.

CHAPITRE II — MITOSE ET MÉIOSE

La division cellulaire constitue un élément essentiel de la génétique eucaryote.

3. La mitose

La **mitose** permet notamment :

- la croissance ;

- le renouvellement cellulaire ;
- la réparation des tissus ;
- la multiplication asexuée chez certains organismes.

Elle conserve généralement le nombre de chromosomes.

Les principales étapes sont :

1. Prophase
2. Métaphase
3. Anaphase
4. Télophase
5. Cytocinèse

4. La méiose

La **méiose** intervient dans la formation des gamètes chez de nombreux eucaryotes à reproduction sexuée.

Elle comprend deux divisions successives :

- méiose I ;
- méiose II.

Elle permet de passer d'une cellule diploïde à des cellules haploïdes et contribue fortement à la diversité génétique.

□genui□{"learning_viz":{"type_id":"MEIOSIS","locale_override":"fr-FR"}}□

Pendant la méiose I, les chromosomes homologues se séparent. Le **crossing-over** peut avoir lieu entre chromosomes homologues, créant de nouvelles combinaisons d'allèles. ([OpenStax](#))

CHAPITRE III — GÉNÉTIQUE MENDELIENNE

5. Les lois de Mendel

Les travaux de **Gregor Mendel** constituent la base de la génétique classique.

Article VI. 5.1. Loi de ségrégation

Les deux allèles d'un gène se séparent lors de la formation des gamètes.

Ainsi, un individu hétérozygote **Aa** produit généralement :

- 50 % de gamètes A ;
- 50 % de gamètes a.

La base chromosomique de cette séparation est liée à la ségrégation des chromosomes homologues lors de la méiose I. ([OpenStax](#))

Article VII. 5.2. Loi de l'assortiment indépendant

Lorsque les gènes sont indépendants, leurs allèles peuvent être distribués indépendamment lors de la formation des gamètes.

Cette loi permet notamment d'analyser les croisements dihybrides. ([OpenStax](#))

Article VIII. 5.3. Croisement monohybride

Exemple :

Aa × Aa

Résultats génotypiques :

- AA : 25 %
- Aa : 50 %
- aa : 25 %

Résultats phénotypiques dans un cas de dominance complète :

- dominant : 75 %
- récessif : 25 %

Soit un rapport de **3:1**.

Article IX. 5.4. Croisement test

Un individu présentant un phénotype dominant mais dont le génotype est inconnu peut être croisé avec un individu homozygote récessif.

Ce croisement permet de déterminer si l'individu dominant est homozygote ou hétérozygote. ([OpenStax](#))

CHAPITRE IV — EXTENSIONS DE LA GÉNÉTIQUE MENDELIIENNE

Tous les caractères ne suivent pas exactement les rapports mendéliens classiques.

6. Dominance incomplète

Chez un hétérozygote, le phénotype peut être intermédiaire entre ceux des deux homozygotes.

Exemple :

$$\mathbf{RR} \times \mathbf{rr} \rightarrow \mathbf{Rr}$$

Le phénotype de Rr peut être intermédiaire entre RR et rr.

7. Codominance

Les deux allèles sont exprimés simultanément chez l'hétérozygote.

Un exemple classique est le système sanguin **ABO** chez l'être humain.

8. Allèles multiples

Un gène peut posséder plus de deux allèles dans une population.

Le système ABO possède notamment les allèles **IA**, **IB** et **i**.

9. Interaction entre les gènes

Plusieurs gènes peuvent participer à la détermination d'un même caractère.

L'**épistasie** correspond à une situation dans laquelle l'expression d'un gène influence ou masque l'expression d'un autre gène. ([OpenStax](#))

CHAPITRE V — THÉORIE CHROMOSOMIQUE DE L'HÉRÉDITÉ

10. Les chromosomes comme support de l'hérédité

La théorie chromosomique de l'hérédité établit un lien entre les lois de Mendel et le comportement des chromosomes pendant la méiose.

Les travaux de **Walter Sutton** et **Theodor Boveri** ont contribué au développement de cette théorie au début du XXe siècle. ([OpenStax](#))

Les chromosomes :

- portent les gènes ;

- se répliquent avant la division cellulaire ;
- se séparent pendant la mitose et la méiose ;
- sont transmis aux cellules filles et aux descendants.

CHAPITRE VI — LIAISON GÉNÉTIQUE ET RECOMBINAISON

11. Gènes liés

Deux gènes situés sur le même chromosome peuvent être **liés**.

Plus deux gènes sont proches sur un chromosome, plus ils ont tendance à être transmis ensemble.

Cependant, le crossing-over peut produire des chromosomes recombinants. ([OpenStax](#))

12. Crossing-over

Le **crossing-over** correspond à un échange de segments entre chromosomes homologues pendant la méiose.

Il contribue à créer de nouvelles combinaisons d'allèles.

Article X. 12.1. Fréquence de recombinaison

La fréquence de recombinaison permet d'estimer la distance génétique entre deux gènes.

Une unité de distance génétique est souvent exprimée en **centimorgan (cM)**.

CHAPITRE VII — GÉNÉTIQUE MOLÉCULAIRE DES EUCARYOTES

13. Réplication de l'ADN

Avant une division cellulaire, l'ADN doit être copié.

La réplication est dite **semi-conservative** : chaque molécule d'ADN fille contient un brin parental et un brin nouvellement synthétisé.

Les principales enzymes impliquées comprennent :

- hélicase ;
- primase ;
- ADN polymérase ;
- ligase ;
- enzymes de modification de la chromatine.

14. Transcription

La **transcription** correspond à la synthèse d'un ARN à partir d'un ADN matrice.

Chez les eucaryotes, elle se déroule principalement dans le noyau.

Schéma général :

ADN → ARN

15. Maturation de l'ARN

Chez les eucaryotes, le pré-ARNm subit notamment :

- l'ajout d'une coiffe en 5' ;
- l'épissage ;
- l'ajout d'une queue poly-A en 3'.

L'épissage permet notamment d'éliminer les introns et de réunir les exons.

16. Traduction

La traduction permet la synthèse d'une protéine à partir de l'information portée par l'ARN messager.

Schéma général :

ADN → ARN → Protéine

CHAPITRE VIII — MUTATIONS ET VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE

17. Définition d'une mutation

Une mutation est une modification de la séquence de l'ADN.

Elle peut être :

- spontanée ;
- induite par certains agents mutagènes.

Article XI. 17.1. Principaux types

On distingue notamment :

- substitutions ;
- insertions ;
- délétions ;
- duplications ;
- inversions ;
- translocations.

Les mutations peuvent être neutres, délétères ou, dans certaines conditions, avantageuses.

18. Mutations chromosomiques

Elles concernent la structure ou le nombre des chromosomes.

On peut distinguer :

Anomalies de structure :

- délétion ;
- duplication ;
- inversion ;
- translocation.

Anomalies du nombre :

- monosomie ;
- trisomie ;
- polyploïdie.

CHAPITRE IX — GÉNÉTIQUE EXTRANUCLÉAIRE

Chez les eucaryotes, toute l'information génétique n'est pas située dans le noyau.

Les **mitochondries** possèdent leur propre ADN.

Chez les végétaux et les algues, les **chloroplastes** possèdent également un génome.

Cette transmission est souvent appelée **hérédité cytoplasmique ou extranucléaire**.

CHAPITRE X — GÉNÉTIQUE QUANTITATIVE

Certains caractères présentent une variation continue.

Exemples :

- taille ;
- poids ;
- rendement agricole ;
- production de lait ;
- quantité de graines.

Ces caractères sont souvent contrôlés par plusieurs gènes et influencés par l'environnement.

On parle alors de **caractères quantitatifs**.

CHAPITRE XI — GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

La génétique des populations étudie la fréquence des allèles et des génotypes dans les populations.

19. Loi de Hardy-Weinberg

Dans une population idéale, les fréquences alléliques restent constantes d'une génération à l'autre sous certaines conditions.

Pour deux allèles A et a :

$$p + q = 1$$

et les fréquences génotypiques attendues sont :

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Cette relation constitue un modèle fondamental pour étudier l'évolution génétique des populations.

Les facteurs susceptibles de modifier les fréquences alléliques comprennent notamment :

- mutations ;
- sélection naturelle ;
- migration ;
- dérive génétique ;
- accouplements non aléatoires.

CHAPITRE XII — APPLICATIONS DE LA GÉNÉTIQUE DES EUCARYOTES

La génétique eucaryote trouve des applications dans :

Article XII. Agriculture

- amélioration variétale ;
- sélection assistée par marqueurs ;
- résistance aux maladies ;
- amélioration du rendement.

Article XIII. Élevage

- sélection des reproducteurs ;
- amélioration des performances ;
- conservation des ressources génétiques.

Article XIV. Médecine

- diagnostic génétique ;
- étude des maladies héréditaires ;
- médecine génomique.

Article XV. Biotechnologie

- génie génétique ;
- production de protéines recombinantes ;
- édition du génome ;
- amélioration des organismes.

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES DU COURS

À la fin de ce cours, l'étudiant devrait être capable de :

1. Décrire l'organisation du matériel génétique chez les eucaryotes.
2. Expliquer les mécanismes de la mitose et de la méiose.
3. Appliquer les lois de Mendel à différents types de croisements.
4. Expliquer la liaison génétique et la recombinaison.
5. Décrire les mécanismes de réplication, transcription et traduction.
6. Identifier les principaux types de mutations génétiques et chromosomiques.
7. Expliquer la transmission extranucléaire.
8. Analyser des caractères quantitatifs.
9. Appliquer les principes de base de la génétique des populations.
10. Relier les connaissances de génétique à des applications en agriculture, élevage, médecine et biotechnologie.

Références bibliographiques

1. Griffiths, A. J. F., Doebley, J. F., Peichel, C. L., & Wassarman, D. A. (2020). *Introduction to Genetic Analysis*, 12th ed. W. H. Freeman/Macmillan Learning. L'ouvrage couvre notamment l'hérédité monogénique, l'assortiment indépendant, la cartographie des chromosomes eucaryotes par recombinaison et les interactions géniques. ([NCBI](#))
2. Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2018). *Principles of Genetics*, 7th ed. Wiley. ([Govt College Kariavattom](#))
3. Klug, W. S., Cummings, M. R., et al. (2016). *Concepts of Genetics*, 12th ed. Pearson. ([Govt College Kariavattom](#))
4. Hartl, D. L., & Ruvolo, M. (2018). *Genetics: Analysis and Principles*, 6th ed. McGraw-Hill Education. ([Govt College Kariavattom](#))
5. Brown, T. A. (2017). *Genomes*, 4th ed. Garland Science. ([Govt College Kariavattom](#))
6. Watson, J. D., Baker, T. A., Bell, S. P., et al. (2013). *Molecular Biology of the Gene*, 7th ed. Pearson. ([Govt College Kariavattom](#))
7. Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., et al. (2020). *Molecular Cell Biology*, 9th ed. ([Govt College Kariavattom](#))
8. OpenStax. *Biology 2e*, chapitres sur les lois de l'hérédité, la théorie chromosomique et la liaison génétique. Cette ressource présente notamment la ségrégation mendélienne, l'assortiment indépendant, le crossing-over et la recombinaison. ([OpenStax](#))

Je peux aussi transformer ce cours en un document universitaire complet avec introduction, objectifs général et spécifiques, 12 chapitres détaillés, exercices corrigés, QCM et bibliographie au format APA.