

Aucun document n'est autorisé. La calculatrice est interdite.
Répondre sur des feuilles doubles et intercalaires numérotées.
Être soigneux dans la présentation de l'écrit et des schémas.

Partie du programme : Stabilité et variabilité des génomes et évolution

La reproduction sexuée

➤ Question

Montrez comment, chez les organismes à reproduction sexuée, méiose et fécondation contribuent à la fois à la stabilité du génome de l'espèce et à la diversité des génomes individuels.

Chaque étape essentielle sera illustrée par un schéma. Votre réponse, structurée, se limitera au cas d'une cellule à $2n = 4$ chromosomes et deux gènes a et b portés par des chromosomes différents, l'un des parents possédant les couples d'allèles a1, a2 et b1, b2, l'autre parent les couples d'allèles a3, a4 et b3, b4.

Compétences

Utiliser et trier les connaissances pour répondre au problème posé	
Construire un plan qui répond aux exigences du sujet	
Construire un tableau soigné qui respecte la consigne	

Proposition de corrigé

➤ Introduction

2 points

Contrairement à la reproduction asexuée par mitose des êtres unicellulaires, la plupart des êtres pluricellulaires utilisent la reproduction sexuée. Ce qui implique la participation de deux individus d'une même espèce, de sexes différents qui participent à la fécondation. La fécondation étant l'union des cellules reproductrices des deux individus. Il en résulte un doublement du contenu chromosomique de la cellule œuf.

Si l'apparition de la reproduction sexuée présente un progrès au niveau de l'évolution en permettant de mélanger les informations génétiques et de produire des individus génétiquement originaux, dont certains seront plus aptes à survivre dans le même milieu ou lors d'un changement de milieu. Ce mélange d'informations pose le problème du maintien du nombre de chromosomes, caractéristique de l'espèce.

Si on désire maintenir le nombre de chromosomes de l'espèce, il s'avère nécessaire de réduire de moitié le patrimoine chromosomique des gamètes. Cela se produit dans les gonades lors d'une division très spécifique nommée la méiose.

Après avoir présenté, à l'aide du cycle de développement d'un diploïde, l'alternance des deux événements qui permettent la stabilité du génome de l'espèce (maintien du nombre de chromosomes d'une espèce), nous aborderons, à l'échelle chromosomique, le déroulement de la fécondation puis celui de la méiose afin de mettre en évidence la diversité des génomes individuels. On choisit de représenter 2 gènes indépendants chez des individus diploïdes de formule chromosomique $2n=4$.

MÉIOSE ET LA FÉCONDATION CONTRIBUENT À LA STABILITÉ DU GÉNOME

Conserver la stabilité du génome dans le cadre de la reproduction sexuée

4 points

La fécondation entraîne le doublement de l'équipement chromosomique

- Lors de l'union des deux gamètes, le nombre des chromosomes double. Il devrait en être ainsi à chaque génération. Or nous savons que le nombre de chromosomes est invariable au sein d'une espèce. Par exemple, l'Homme possède 46. Pour que le nombre de chromosome d'une espèce ne varie pas, il faut qu'il existe un mécanisme compensatoire qui régule le nombre de chromosomes. Il s'agit de la méiose. (Schéma commun à la 2^e partie)

La méiose prépare la fécondation en produisant des gamètes haploïdes

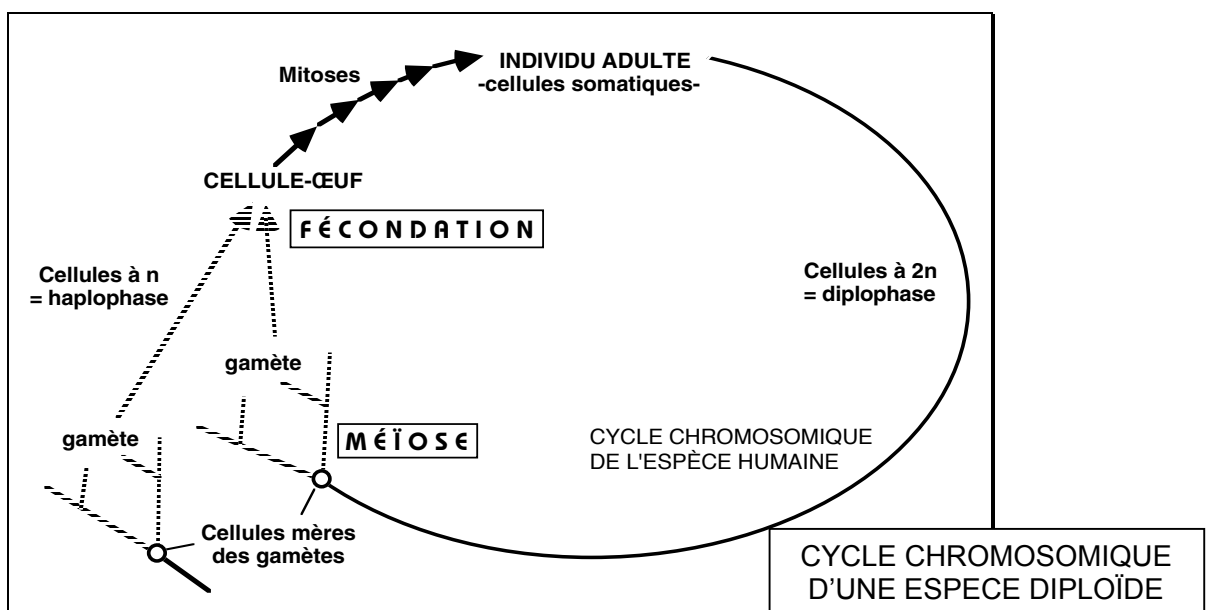
- La méiose est un ensemble de deux divisions dont la conséquence est la division par deux du nombre de chromosomes. La méiose produit des cellules haploïdes (qui possèdent un exemplaire de chaque chromosome). (Schémas communs à la 2^e partie)

Ainsi la fécondation rétablit la diploïdie

- Lors de la fécondation, la fusion des gamètes rétablit la diploïdie.

Schéma du cycle biologique chez une espèce diploïde

L'alternance méiose - fécondation assure le maintien du nombre de chromosomes au cours du cycle de développement d'un diploïde.



MÉIOSE ET LA FÉCONDATION CONTRIBUENT À LA DIVERSITÉ DES GÉNOMES INDIVIDUELS GÉNOME

La méiose permet la réduction chromatique et une répartition aléatoire des informations d'origine paternelle et maternelle.

1 - La première division de méiose est réductrice

6 points (3+3)

1. À la prophase 1, les $2n=4$ chromosomes à 2 chromatides s'individualisent à partir du matériel nucléaire. Ils sont associés par paires de chromosomes homologues.

2. À la métaphase 1, les paires de chromosomes homologues se placent dans un plan équatorial. Les centromères des chromosomes homologues sont situés de part et d'autre du plan équatorial. Cette disposition va conditionner la divergence des chromosomes lors de l'anaphase.

3. À l'anaphase 1, les chromosomes homologues se séparent et migrent en direction des pôles de la cellule. La télophase, en séparant les cytoplasmes et en reformant l'enveloppe nucléaire des deux cellules, fera aboutir cette première division de méiose à deux cellules haploïdes contenant $n=3$ chromosomes à 2 chromatides.

La disposition aléatoire des paires de chromosomes est responsable de diversité des génomes des gamètes. Dans le cas présent, l'illustration limitée à deux gènes indépendant ne permet de mettre en évidence que le brassage inter chromosomique, c'est-à-dire le brassage des chromosomes d'origine paternelle et maternelle. Dans le cas présent on obtient 4 types ($= 2^2$) de gamètes différents ce qui correspond à 2^n sachant que dans l'exemple choisi $n = 2$.

(a1 , b1)

(a2 , b2)

(a1 , b2)

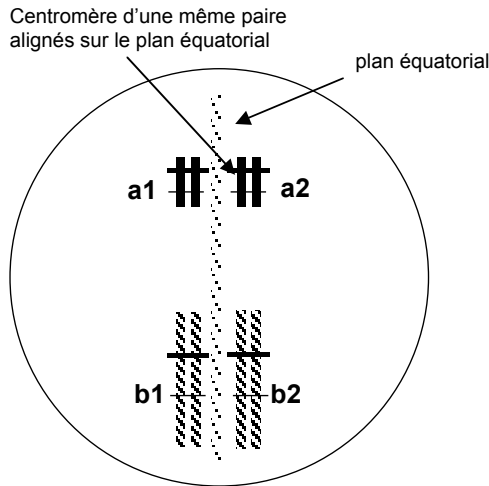
(a2 , b1)

À noter qu'il existe un autre brassage, le brassage intrachromosomique qui brasse sur un même chromosome les informations d'origine maternelle et paternelle pour fabriquer un chromosome recombiné.

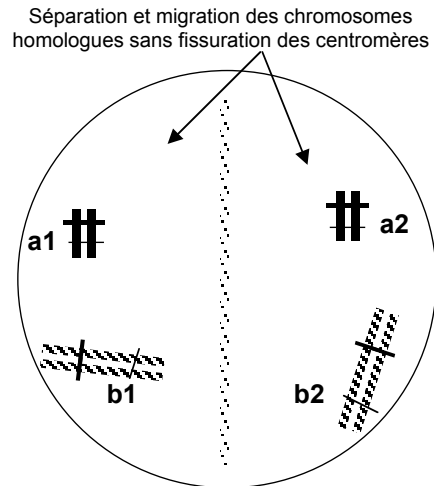
La deuxième division de la méiose ne modifie pas le nombre ni la répartition aléatoire des chromosomes, c'est une mitose équationnelle de cellules haploïdes. Après leur clivage, les chromatides se séparent en anaphase 2 et migrent vers les pôles des cellules. On obtient finalement quatre gamètes haploïdes dont le noyau contient $n=3$ chromosomes à une seule chromatide.

Pour conclure : la division I de la méiose est réductrice ce qui permet d'obtenir des gamètes haploïdes à partir de cellules souches diploïdes. Le procédé utilisé implique d'une part la transmission partielle des informations génétiques d'origine paternelle et d'origine maternelle et offre d'autre part la possibilité d'obtenir diverses combinaisons des chromosomes d'origine paternelle et maternelle dans les gamètes.

Nous allons schématiser le mécanisme de la première division de méiose responsable de la réduction chromatique et du brassage interchromosomique (métaphase 1 et anaphase 1).

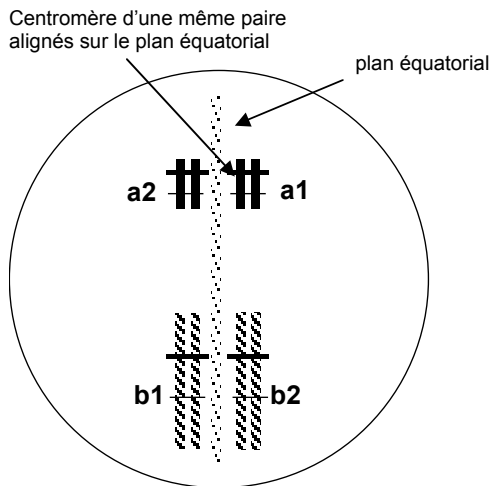


Métaphase 1 :
cellule diploïde à
2n chromosomes = 4

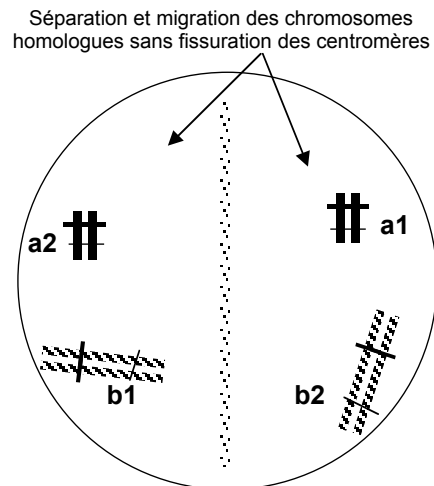


Anaphase 1 :
2 chromosomes à 2 chromatides
migrent vers chaque pôle

ou



Métaphase 1 :
cellule diploïde à
2n chromosomes = 4



Anaphase 1 :
2 chromosomes à 2 chromatides
migrent vers chaque pôle

2 -La fécondation

6 points (3+3)

La fécondation est l'union des cytoplasmes et des noyaux de deux cellules haploïdes appelées gamètes (spermatozoïdes et ovules) provenant d'individus différents mâle et femelle, d'une même espèce.

Lorsque les deux cellules ont fusionné, les deux noyaux gonflent (les pronuclei), c'est l'étape de duplication de l'ADN. Ainsi lors de la fusion des deux noyaux qui précède la première mitose de la cellule œuf, l'équipement chromosomique des pronuclei est de 2 chromosomes à 2 chromatides.

La fécondation participe à la stabilité du génome de l'espèce

La cellule œuf rétablit la diploïdie avec $2n=4$ chromosomes à 2 chromatides. La cellule sera ainsi prête pour la suite des nombreuses mitoses qui construisent le soma diploïde. (voir schéma qui suit)

La fécondation est l'occasion d'un nouveau brassage génétique

L'union des gamètes se produit au hasard. Dans l'exemple choisi les individus hétérozygotes pour les 2 gènes produisent 4 sortes de gamètes pouvant s'unir à l'une des 4 sortes de gamètes de l'autre. Ceci permet d'envisager $4^2 = 16$ cellules œuf possibles.

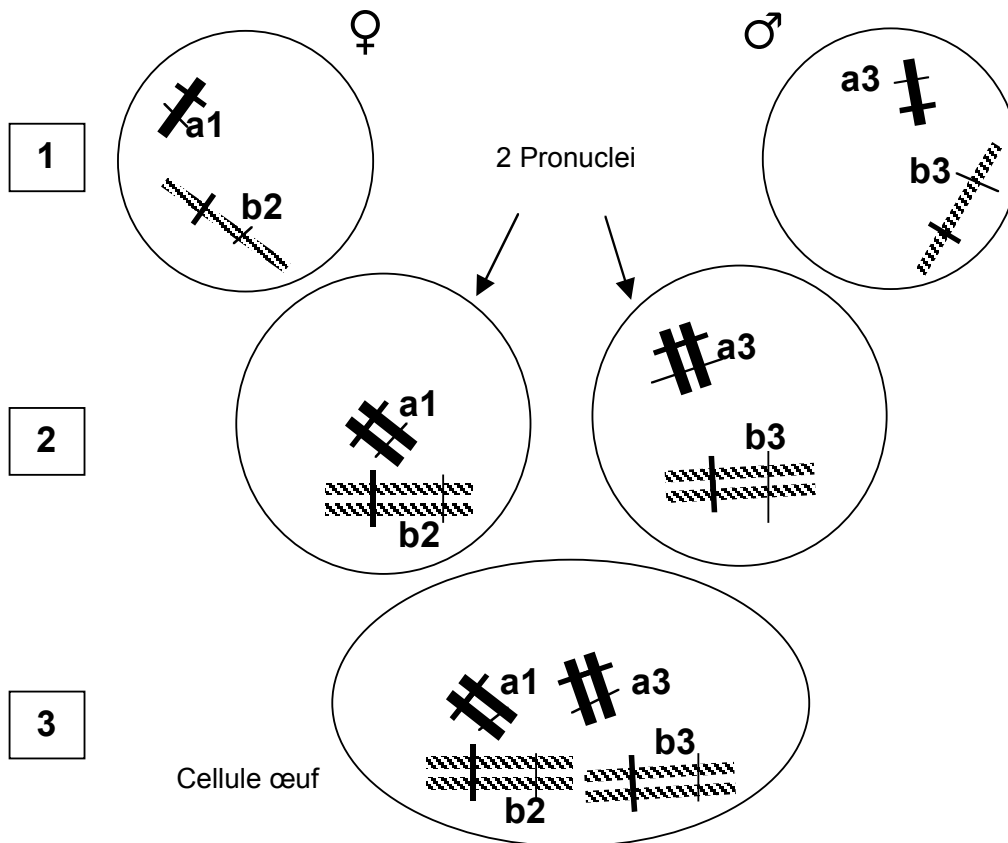
Les 4 gamètes possibles pour les deux parents

Parent I	(a1, b1)	(a2, b2)	(a1, b2)	(a2, b1)	Parent II	(a3, b3)	(a4, b4)	(a3, b4)	(a4, b3)
----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------

Gamètes	Parent I			
	(a1, b1)	(a2, b2)	(a1, b2)	(a2, b1)
Parent II	(a1//a3, b1//b3)	(a2//a3, b2//b3)	(a1//a3, b2//b3)	(a2//a3, b1//b3)
(a3, b3)	(a1//a4, b1//b4)	(a2//a4, b2//b4)	(a1//a4, b2//b4)	(a2//a4, b1//b4)
(a4, b4)	(a1//a3, b1//b4)	(a2//a3, b2//b4)	(a1//a3, b2//b4)	(a2//a3, b1//b4)
(a3, b4)	(a1//a4, b1//b3)	(a2//a4, b2//b3)	(a1//a4, b2//b3)	(a2//a4, b1//b3)
(a4, b3)				

Nous allons schématiser le mécanisme de la fécondation lors de l'union des noyaux des deux gamètes dans l'ovule en prenant l'exemple de la fusion de deux gamètes (a1, b2) et (a3, b3) qui donnent la cellule œuf (a1//a3, b2//b3).

Lorsque le noyau du spermatozoïde entre dans l'ovule (1), les deux noyaux (celui du spermatozoïde et celui de l'ovule) gonflent pour former 2 pronuclei à 2 chromosomes et 2 chromatides (2). Leur fusion (3) donnera le noyau diploïde de la cellule œuf contenant 3 chromosomes à 2 chromatides.



➤ Conclusion

2 points

L'alternance de la méiose et de la fécondation permet de conserver l'équipement chromosomique caractéristique d'une cellule au cours du cycle biologique d'une espèce diploïde à reproduction sexuée.

Le cycle de développement de toutes les espèces à reproduction sexuée est marqué par l'alternance d'une phase diploïde et d'une phase haploïde.

La méiose est la succession de deux divisions cellulaires qui assure le passage de l'état diploïde à l'état haploïde par séparation aléatoire des chromosomes homologues (c'est la première division qui est réductrice), ce qui entraîne une séparation des deux allèles de chaque gène.

Chaque cellule issue de la méiose ne possède qu'un chromosome homologue donc un seul allèle par gène.

La fécondation se caractérise par une mise en commun des n chromosomes de chaque gamète, ce qui rétablit l'état diploïde et assure un brassage des allèles provenant de deux individus différents.