

18.29 / 20

Epreuve - Matière : 102 7063 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'observation microscopique de glandes salivaires de *Chironome* permet, avec la coloration appropriée, de fixer des colorants préférentiellement sur des corpuscules nucléaires. Le terme chromosome est issu de "chromos" couleur et "soma" corps ;

Les organismes Eucaryotes se distinguent par la présence d'une enveloppe nucléaire au sein de leur cellule de grande taille (relativement à la plupart des Bactéries et archées (polyphyliques)) (ce n'est pas le seul critère de synapomorphie)

Cela conduit à des variations phénotypiques et génétiques.

Nous reprendrons au cours de cet exposé à la problématique suivante

Quelles sont les structures ^{d'un chromosome et quels sont} les mécanismes à l'origine de la stabilité et la variabilité des chromosomes eucaryotes ? Quels en sont les conséquences possibles ?

Nous proposons un plan puis débiterons notre étude.

Plan

I) Structure des chromosomes eucaryotes

- A) l'ADN, support de l'information
- B) Les chromosomes eucaryotes
 - 1) Compaction de l'ADN et propriété émergente
 - 2) Nombre de chromosome : une quantité variable
 - 3) Exemple d'un caryotype : *Drosophila melanogaster*
- C) La structure du génome eucaryote.

II) Stabilité du nombre de chromosomes

- A) Phases du cycle cellulaire
- B) Réplication de l'ADN
- C) Mitose et répartition chromosomique

III) Variabilité de l'expression et du nombre de chromosomes

- A) Expression variable des gènes des chromosomes
 - 1) Epigénétique
 - 2) Recombinaison
- B) Gamétogénèse et Fécondation : des brayages chromosomiques
 - 1) Meiose
 - 2) Fécondation et hybridation

IV) Conséquences évolutives

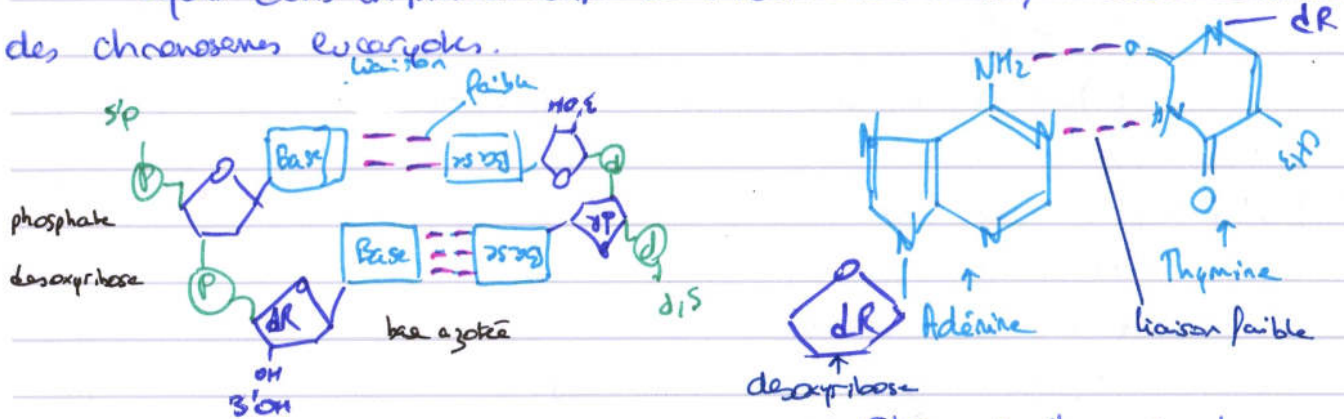
Conclusion

I) Structure des chromosomes eucaryotes

A) L'ADN, support de l'information

Chez les organismes eucaryotes, les chromosomes se situent au sein de l'enveloppe nucléaire et se trouvent sous forme compactée (hétérochromatine) ou diffuse (euchromatine) selon, entre autre, l'état des protéines histones.

Voyons dans un premier temps la structure de l'ADN, molécule constitutive des chromosomes eucaryotes.



① Schéma de la structure de l'ADN

② Schéma de l'exemple de complémentarité des bases azotées

La structure de l'ADN (d'après Watson, Crick ; Franklin 1953) fait apparaître une double hélice antiparallèle ; il s'agit d'un hétéropolymère de squelette désoxyribose phosphate et d'une succession de bases azotées appariées par complémentarité des liaisons faibles (voir schéma 1 et 2).



③ Schéma de la double hélice d'ADN

Les bases Adénine, Thymine, Cytosine et Guanine se succèdent spatialement en double hélice et cette molécule d'ADN fait environ 2nm (10^{-9} m) de large (schéma 3)

Le nombre de paires de base constituant le génome est variable selon les espèces (3,4 Gpb (10^9 paires de bases) chez Mus musculus ou Homo sapiens).

Cette molécule dont les squelettes désoxyribose phosphate sont porteurs de charges partielles négative n'est pas nue au sein du noyau, mais associée et structurée spécifiquement.

Epreuve - Matière : 102 P63 Session : 2025

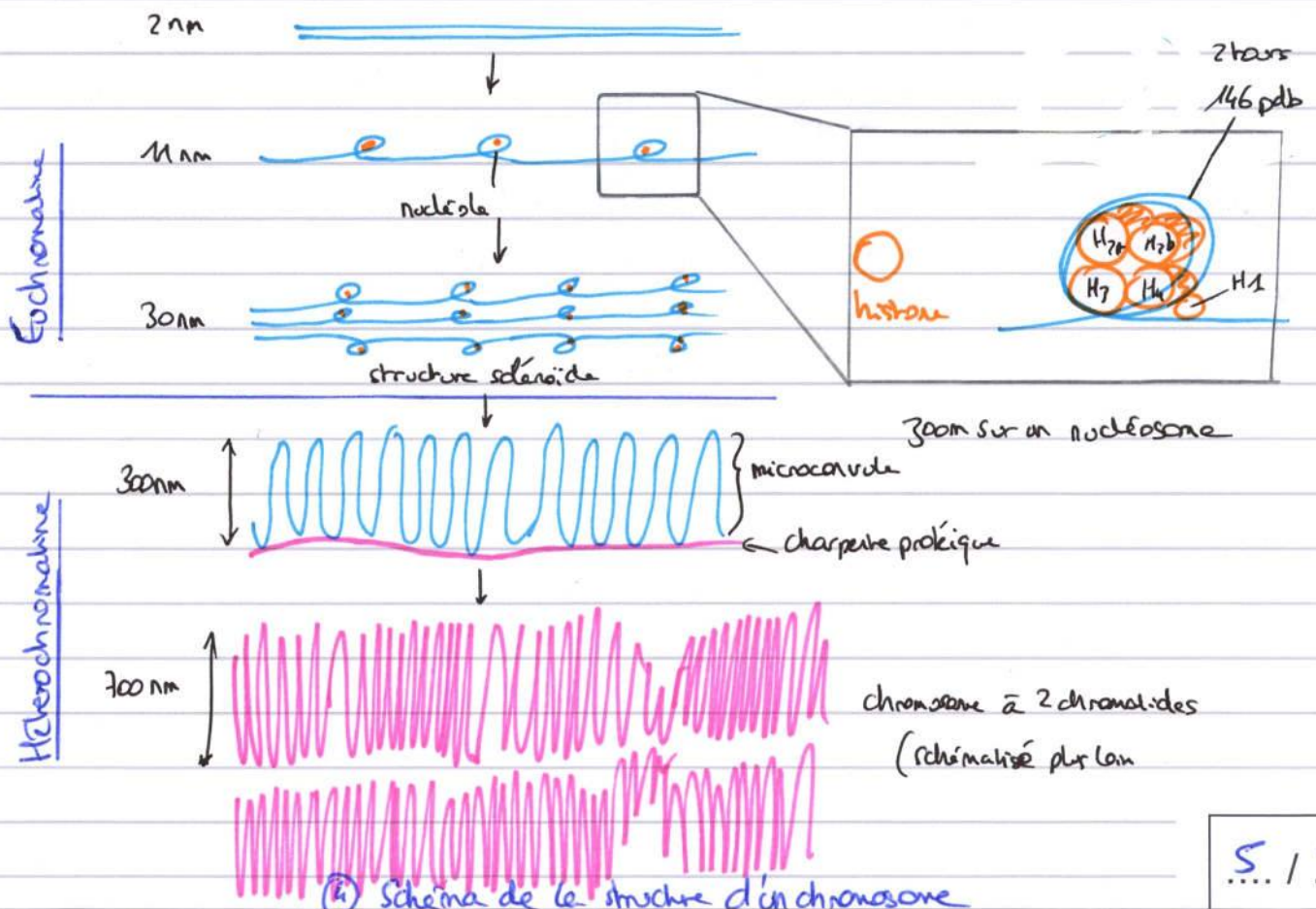
CONSIGNES

- 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.

B) Les chromosomes eucaryotes

↳ Compaction de l'ADN et propriété émergente

La molécule d'ADN est longue (peut atteindre 1m chez l'humain) mais est contenue dans une enveloppe nucléaire de taille micrométrique. L'observation de la structuration de l'ADN permet de résoudre ce paradoxe.



④ Schéma de la structure d'un chromosome

Au cours des phases cellulaires ou de la vie de la cellule, l'état de compaction de l'ADN varie, les protéines histones permettent une structuration compacte et un degré de lecture variable de l'information portée par la molécule d'ADN.

Un état "relâché" / diffus / décompacté permet une lecture (voir les étapes de transcription - traduction plus loin) : c'est l'Euchromatine.

Si l'ADN est supercompacté, on parle d'hétérochromatine et ne permet pas d'exprimer l'information portée par le chromosome à ce locus.

Au sein de l'enveloppe nucléaire se distinguent des zones denses et moins denses. Le nucléole est une zone de transcription active (d'ARNr, d'ARNm d'histone). L'euchromatine, d'autres zones denses et compactées d'hétérochromatine ne présente pas d'activité de transcription de l'ADN.

2. Nombre de chromosome : une quantité variable

Nous traiterons ici d'une comparaison entre différentes espèces porteuses de nombre variable de chromosome, nous traiterons de la variabilité au sein du cycle cellulaire ou d'anomalies chromosomiques plus loin.

chez différentes espèces

L'établissement d'un caryotype permet d'observer des chromosomes à l'état condensé de la métaphase. Cette observation conduit à plusieurs remarques

- Certaines espèces présentent en un seul jeu de chromosomes elles sont qualifiées respectivement d'haploïde et de diploïde. Citons une algue unicellulaire Chlamydomonas comme exemple haploïde et la souris Mus musculus comme exemple diploïde.

- Le nombre de chromosome ne préjuge pas de la quantité d'ADN présente et varie d'une espèce à l'autre.

exemple :	<u>Homo sapiens</u>	<u>Pan troglodytes</u>	(identique)
ADN	$3,4 \cdot 10^9$ pdb	$3,4 \cdot 10^9$ pdb	
nombre 2n de jeu de chromosome	23	24	

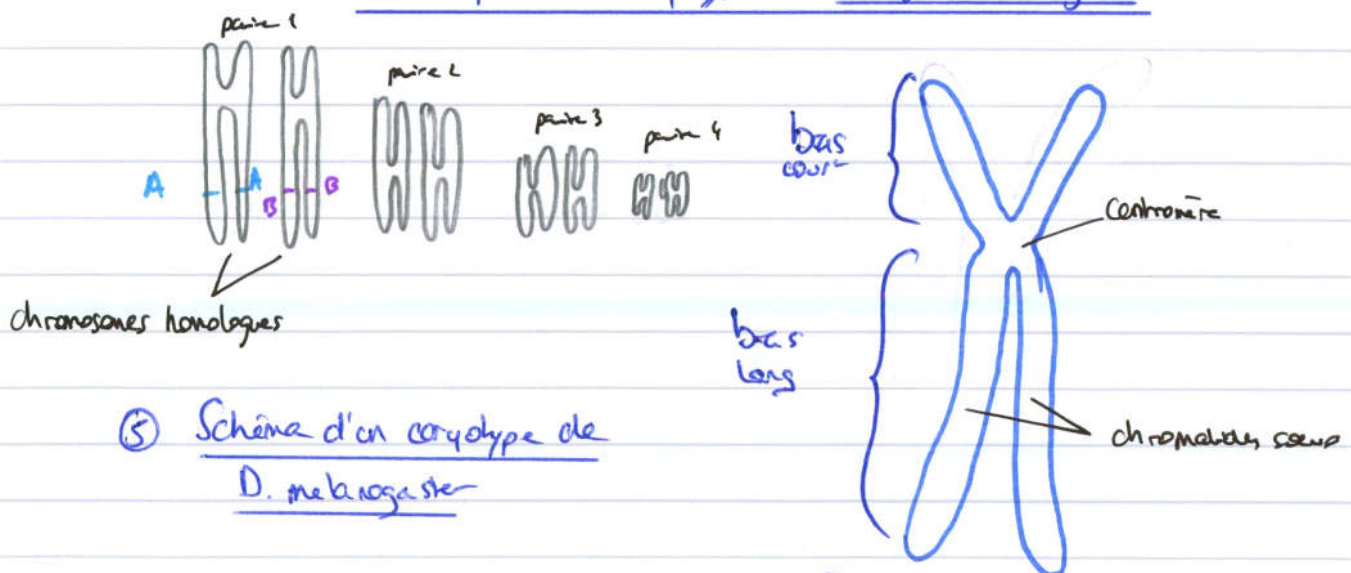
- Chez un organisme diploïde, le nombre de chromosomes peut varier d'un type cellulaire / tissu à l'autre

exemple : kénome perte du noyau $\rightarrow$ pas de chromosomes
chez H. sapiens Spermatozoïde n chromosomes
 cellule somatique 2n chromosomes en général.

- Les chromosomes diploïdes ne sont pas tous homologues exemple XY chez l'homme
- L'état de compaction de l'ADN varie selon le type cellulaire, on parle de pattern d'expression, il est variable d'un type cellulaire à l'autre mais aussi dans le temps au sein du même type cellulaire.

exemple chez l'homme, une analyse sanguine d'une personne de +65ans mettra en évidence la perte du chromosome Y dans certaines cellules (leucocytes).

3. Exemple d'un caryotype de Drosophila melanogaster



⑤ Schéma d'un caryotype de D. melanogaster

⑥ Schéma d'un chromosome à 2 chromatides

1) Chromosomes humains

Schema Set 6

Remarquons la diploïdie de cette espèce, la présence de 2 jeux de chromosomes permet d'observer pour un locus donné (un emplacement spécifique du chromosome) des allèles différents **A & B**, des versions différentes d'une portion porteuse d'information de l'ADN : un gène.

Chaque chromosome possède ici 2 chromatides sœurs à la suite de la réplication de l'ADN lors de la phase S du cycle cellulaire (voir plus loin)

Abordons maintenant le contenu informationnel des chromosomes

C. La structure du génome eucaryote

Séquences hautement répétées	Séquences modérément répétées	Séquences uniques
Télomères Centromères	Transposons (éléments mobiles) 43% Séquences codant ARNt, histones 5% ARNr ...	Pseudogènes 25% (gène inactivé par accumulation de mutations) Séquences régulatrices 20% + introns Exons 2% → partie traduite d'un gène
5%		

Télomères parties terminales des chromosomes dont la longueur diminue généralement avec le vieillissement cellulaire

Centromères séquences impliquées dans la dissociation des chromatides sœurs grâce au complexe kinétochoron - microtubules (voir plus loin)

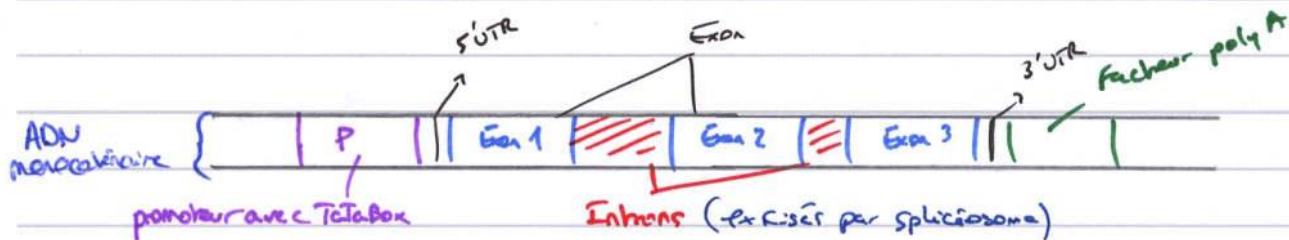
Tableau 1 : classement de la composition informationnelle de l'ADN dans l'ensemble des chromosomes : exemple humain

Epreuve - Matière : 102 2063 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.

Nous ne détaillerons pas l'ensemble des données du tableau mais remercions que
 Seul 2% du génome des chromosomes est traduit



⑦ Schéma d'un gène eucaryotique

(Schéma 1) Les gènes eucaryotes présentent une structure générale avec un promoteur permettant la fixation des facteurs généraux de la transcription, d'exons et d'introns (soumis à l'épissage alternatif parfois exemple l'apomycose 12 exons 7 l'apomycose de structure différente).

Les chromosomes eucaryotes sont donc constitués d'ADN dont la fonction varie (voir tableau 1), dont la compaction permet ou non la transcription, dont la quantité change entre espèces, types cellulaires, et change dans le temps.

Le nombre de jeux de chromosome permet de distinguer des phases haploïdes et diploïdes. L'alternance de génération (haplodiphasique à dominante diplophasique chez l'humain est monogénétique ou haplodiphasique à dominante diplophasique digénétique chez les Angiospermes) sera éventuellement traitée plus tard

Les chromosomes sont transmis d'une génération cellulaire à l'autre, assurant au passage la stabilité du nombre de ces chromosomes

II) Stabilité du nombre de chromosomes

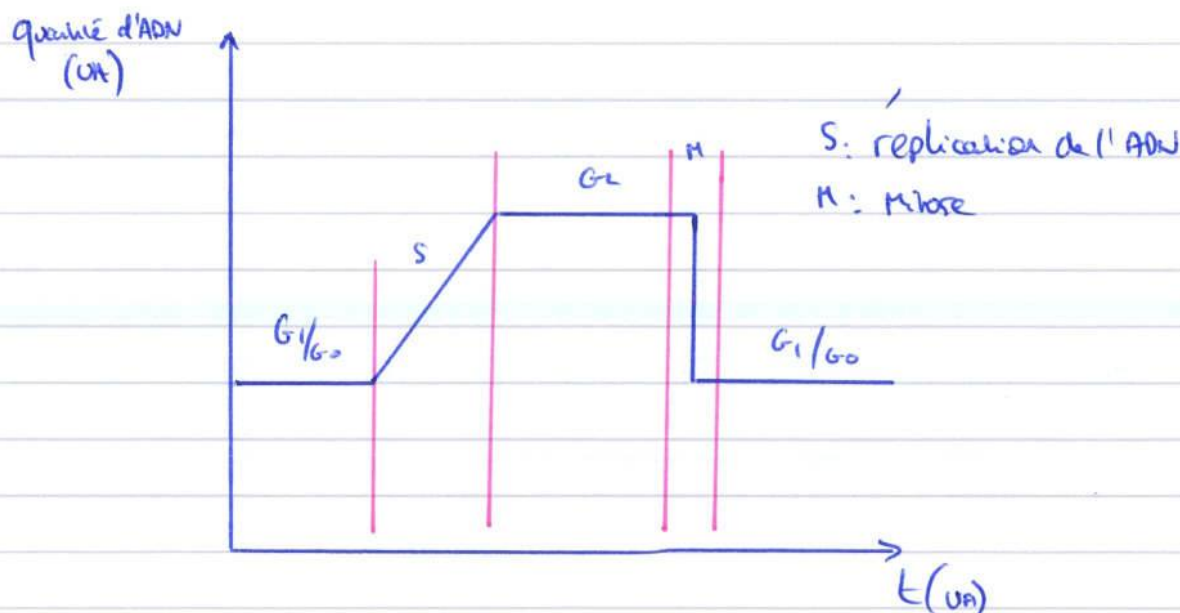
A) Phases du cycle cellulaire

Dans un organisme pluricellulaire eucaryote, la transmission du même nombre de chromosome lors de la mitose assure :

- le renouvellement cellulaire
- la croissance des tissus et organes
- la réparation de tissus / organe
- (l'embryogénèse)

Chez un organisme unicellulaire eucaryote, la mitose assure la germe la reproduction asexuée.

D'une cellule mère à une cellule fille, la copie se voit conforme, voici comment évolue la quantité d'ADN en fonction des phases du cycle cellulaire



Graphique 1 : Evolution de la quantité d'ADN en fonction du temps

Nous observons sur le graphique 1 la quantité d'ADN dans une cellule eucaryote. Nous remarquons lors de l'interphase G₁/G₀ une quantité unique d'ADN, celle-ci augmente jusqu'à doubler lors de la phase de réplication, puis la quantité est répartie équitablement lors de la phase M (mitose).

Comprenons tout d'abord la phase de doublement de la quantité d'ADN et donc le passage de chromosomes à 1 chromatide à ~~des~~ chromosomes à 2 chromatides. (le nombre de chromatide augmente mais pas celui des chromosomes).

B) La réplication de l'ADN

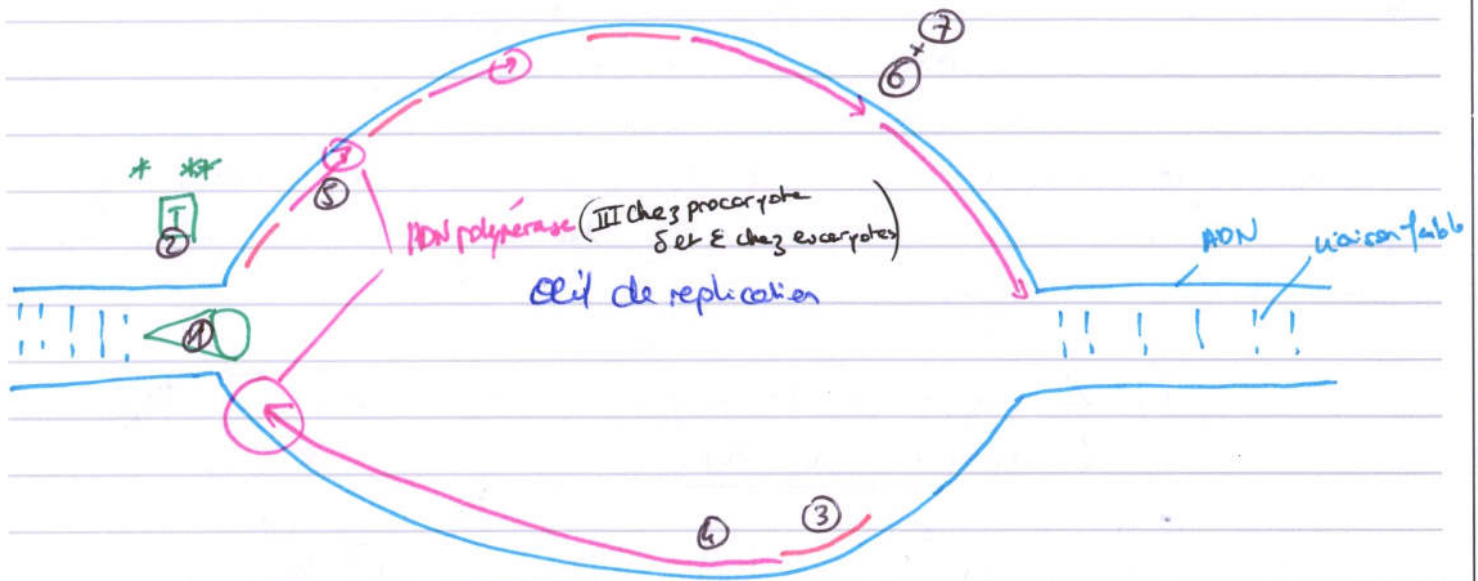
	organisme eucaryote	organisme procaryote
ADN polymérase	α remplacement amorces ARN δ système primordif ϵ système prim précoce γ (réplication ADN mitochondrial)	- I remplacement amorces ARN - II réparation mésappariement - III ADN polymérase système prim tardif et précoce
ARN polymérase	- I ARN 8, 5, 28 - II ARN in, ARN m, ARN - III ARN t, ARN 4, ARN 5 ↓ - trb60	ARN polymérase unique

Tableau 2 : Extraits des polymérases

La réplication de l'ADN des chromosomes des cellules eucaryotes implique les enzymes listées sur le tableau 2. Remarquons des différences et similitudes avec le bagage enzymatique des cellules procaryotes.

L'ADN polymérase assure la réplication de l'ADN à sein d'une bouche de réplication

Remarquons que nous illustrerons l'exemple du programme : la réplication chez un organisme procaryote comme E. coli



Schema ③ : boucle de répllication de l'ADN

Abordons rapidement la répllication de l'ADN (nous le détaillerons par l'intégration des nucléotides chargés et l'hydrolyse de ~~la~~ la liaison phosphate permettant la polymérisation des nucléotides).

- ①+② une hélicase et topoisomérase (1 ou 2 brins) assure la stabilisation de la boucle de répllication par relâchement ou clivage du superenroulement (voir de l'ADN Schéma 1)
- ③ Amorce ARN synthétisée par ARN polymérase ADN dépendante -
- ④ Synthèse des brins 3' → 5' (voir schéma 1) du brin précoce
- ⑤ Synthèse des brins tardifs (ou fragments d'Okazaki)
- ⑥⑦ rattachement de l'amorce ARN + formation de la liaison phosphoester par l'enzyme ligase -

1958 : Meselson, Stahl & al. présentent le modèle de la répllication semi conservative de l'ADN par l'étude de la répllication d'ADN porteur d'azote ^{15}N radioactif sur milieu froid (^{14}N) ; centrifugation sur gradient de Césium et obtention d'ADN constitué de ^{15}N et ^{14}N (hybrides) ~~sur un milieu~~ ~~composé progressivement~~ ^{15}N dans les premières phases de répllication.

Nous n'illustrons pas ici les erreurs de répllication, les mécanismes de reproofreading par activité exonucléase des ADN polymérase eucaryote + certaines procaryote (*Pyrococcus furiosus* pour sa polymérase lors de PCR)
 $\rightarrow$ compare à Taq polymérase

Epreuve - Matière : 102 2063 Session : 2025

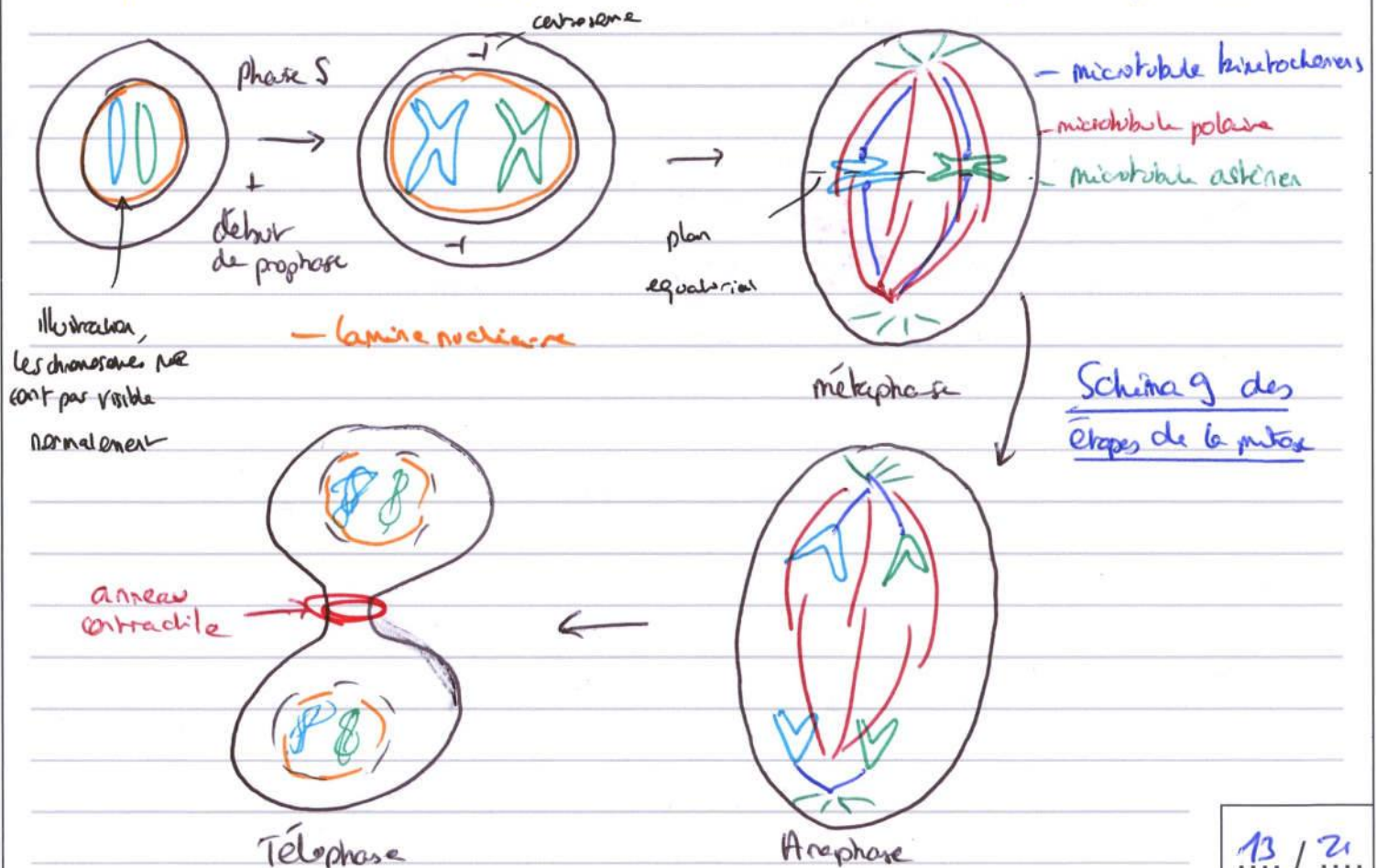
CONSIGNES

- 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.

C. Mitose et répartition des chromosomes

Une cellule s'appretant à se multiplier voit donc sa quantité d'ADN doubler, cette étape de réplication se déroule dans le noyau de la cellule.

Nous illustrons les phases de la division cellulaire en simplifiant à l'exemple d'une cellule à 1 paire de chromosome (cellule diploïde)



Quelques détails des événements de la mitose.

- Prophase + condensation de l'ADN en chromosome par phosphorylation des histones
 + disparition de l'enveloppe nucléaire par dissolution des lamines
 + doublement des centrosomes
- Métaphase + fixation des microtubules kinétochoriens au complexe des centrosomes
 + placement sur le plan équatorial de la cellule
- Anaphase + bruch des chromatides sœurs des deux chromosomes
 + allongement par polymérisation des microtubules polaires
- Télophase + reconstitution des enveloppes nucléaires et lamines
 + anneau contractile d'actine myosine assure la cytokinèse. (illustration schéma 10)

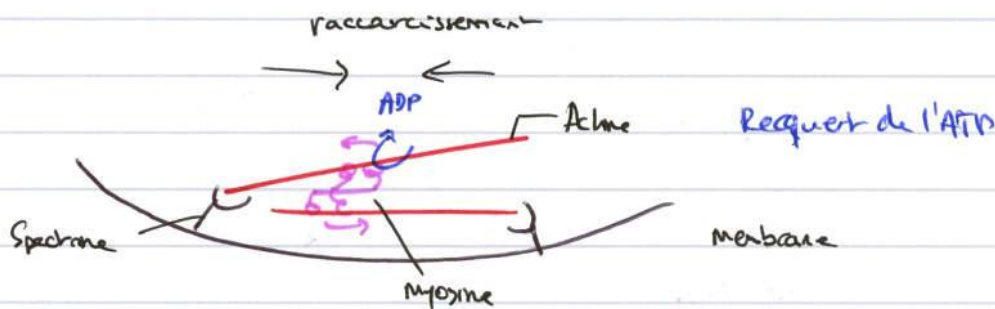


Schéma 10 : Anneau contractile assurant la séparation des cellules filles

Nous avons ici choisi un exemple de mitose chez un métazoaire, chez une Angiosperme, la dernière étape aurait alors la fusion de vésicules golgiennes et la mise en place d'un phragmoplaste.

La mitose assure la stabilité du nombre de chromosomes durant la multiplication cellulaire : les cellules filles ont les mêmes chromosomes en

la même quantité d'ADN que l'ADN cellulaire (aux mutations et erreurs de répllication près)

Le nombre de chromosome n'est pas identique dans les cellules reproductrices, (nous l'avons abordé dans le I/B/2). Voyons comment varie cette quantité au cours de la méiose et d'anomalies chromosomiques. Nous aborderons également tout d'abord rapidement les variations d'expression de l'information des chromosomes afin de comprendre en fin d'exposé les implications écologiques et évolutives des chromosomes et corriger de façon plus complète.

III) Variabilité de l'expression et du nombre de chromosomes

A) Expression variable des gènes des chromosomes

1) Epigénétique

L'état de compaction de l'ADN influence l'expression de ses gènes, et l'acétylation des histones de certains gènes facilite leur lecture alors que la désacétylation la restreint. L'information (la séquence) sur le chromosome ne change pas, mais sa transcription est modulée.

La méthylation des îlots CpG limite l'interaction de l'ARN polymérase également.

Les chromosomes sexuels féminins sont XX chez l'humain (et les mammifères en général) mais seul un des deux chromosomes est exprimé par cellule ; l'activation précoce du gène Xist codant pour un miARN qui inactive totalement ou partiellement le chromosome X (voir Pour la Science janvier 2025) ; Les femmes possédant XX sont donc des individus mosaïques et ce mosaïsme peut protéger comme être un facteur déclencheur de maladie génétiques.

2) Recombinase

Dans certaines lignées cellulaires, comme les lymphocytes T et B chez l'humain, des enzymes font varier le patrimoine génétique : ~~elles créent~~

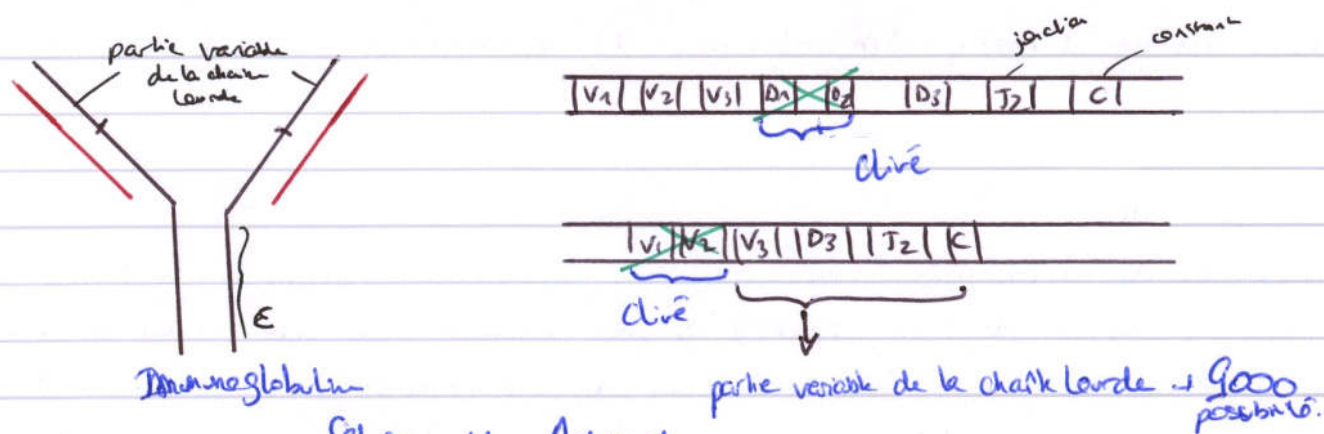


Schéma 11 : Action de la recombinaison

La recombinaison permet de modifier le contenu de gène codant par la partie variable des anticorps.

Le contenu des chromosomes est susceptible de varier, ce qui augmente le polymorphisme des produits d'expression de ces gènes.

L'expression des gènes des chromosomes est variable selon différentes modalités chez les cellules eucaryotes. Ces modalités font partie des mécanismes de régulation de l'expression génétique.

B) Génétique et Fécondation : des brassages intra et interchromosomiques

1) Méiose

Chez les organismes diploides (la génétique monogénétique (haplo diplophasique à dominance diplophasique)), la méiose est un mécanisme assurant un brassage intra et interchromosomique.

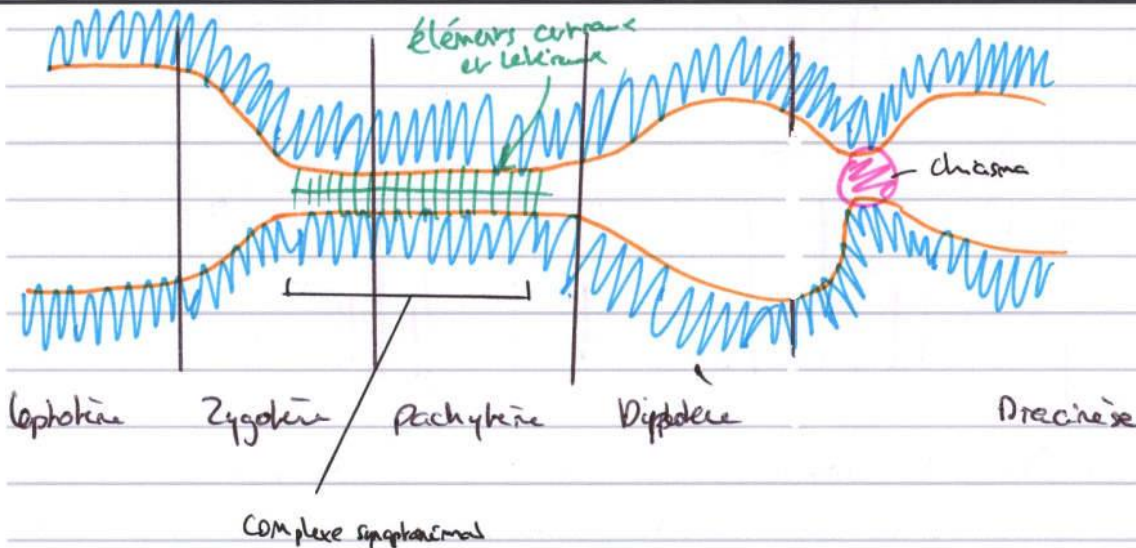
Deux divisions successives sans phase de réplication (division réductionnelle puis équationnelle) permet la fabrication de 4 cellules à n chromosomes à partir d'une cellule à $2n$ chromosomes.

Nous allons nous attarder sur la première phase de la première division de méiose : la prophase I.

Epreuve - Matière : 102 2063 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.



① Schéma des complexe synaptonémal lors de la prophase I

Lors de la phase de zygotène de prophase I, les chromosomes homologues s'apparentent et un complexe synaptonémal se crée ; puis en chiasma.

Des échanges de portions chromosomique se produisent = enjambement/crossing over.

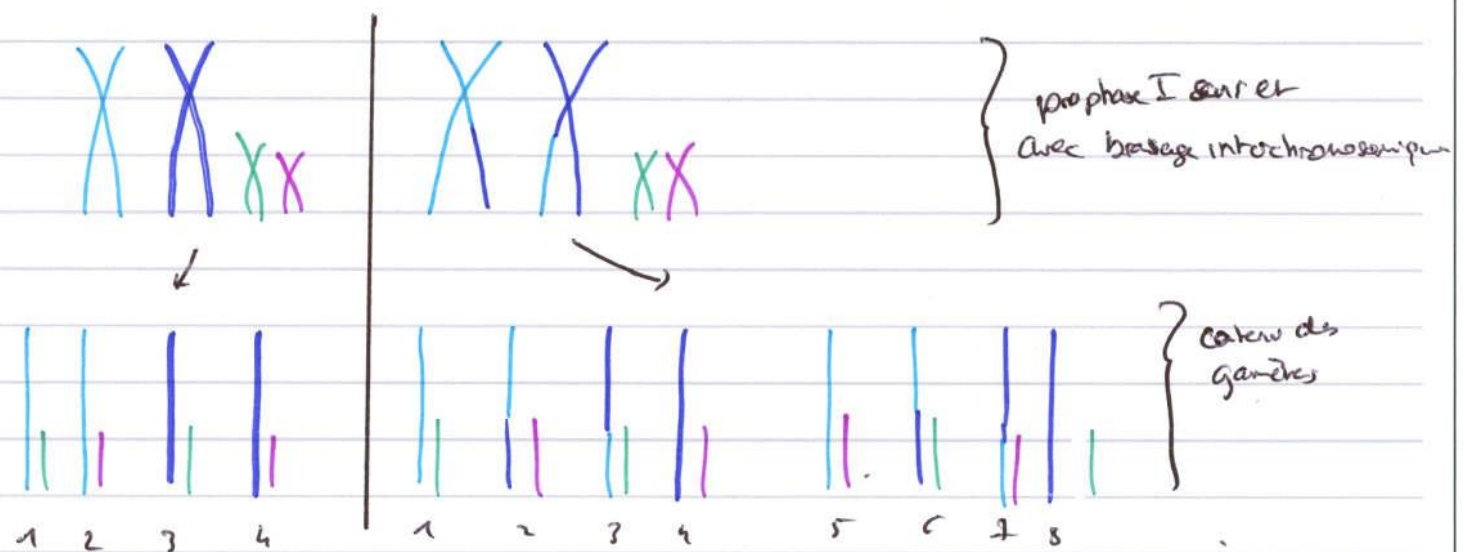
Ceux-ci sont nombreux ; en moyenne 50 chiasmas sont observés dans le noyau d'un spermatozoïde ; en général, les bras longs comportent le chiasme et 1 pour les bras courts.

C'est le brassage intrachromosomique

À l'issue de la première division de méiose, le brassage interchromosomique est réalisé : Les chromosomes homologues sont répartis aléatoirement entre

les cellules filles

Les brassages intra et interchromosomiques augmentent énormément la diversité chromosomique.



13 Schéma de l'illustration des brassages intra et interchromosomique
sur le nombre de gamètes possible

Pour un individu possédant 23 paires de chromosomes, la diversité des gamètes possible s'élève à 2^{23} (8688308) s'il n'y a pas de crossing over!

En ajoutant le brassage intra-chromosomique cette diversité est difficilement quantifiable.

Attention de la méiose : des exemples d'aneuploïdie spontanée sont à l'origine de pathologie : les trisomies et monosomies (trisomie 21 ; Klinefelter, Turner)

Une mauvaise répartition des chromosomes modifie le nombre de chromosomes des gamètes avec des conséquences graves.

Des crossing over mégaux sont à l'origine de familles de gènes multigéniques (globines, *hox* ...) et entraînent encore plus de diversité génétique.

2 Fécondation et hybridation

Nous venons de comprendre la dimension de la diversité chromosomique liée à la méiose.

Lors de la reproduction sexuée, des gamètes se rencontrent de façon aléatoire, ce qui constitue également un brassage interchromosomique.

Les brassages intra et interchromosomiques lors de la méiose et fécondation assurent une diversité chromosomique et génétique contrastant avec la stabilité relative des chromosomes au fil des générations.

Comme exemple : l'hybridation chez la Spargina

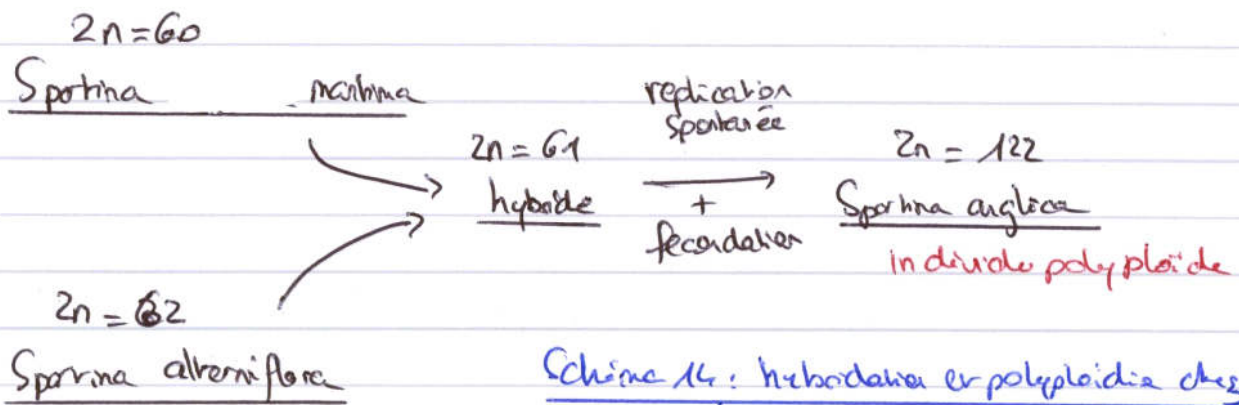


Schéma 14: hybridation et polyploïdisation chez la Spargina

Dans ce cas de spéciation sympatrique, le nombre de chromosome des gamètes de 2 espèces de spargines ne permet que la formation d'un hybride

à $2n=61$ chromosomes.

Cet hybride est viable et se maintient dans le milieu mais ses gamètes sont incompatibles avec les plants parents.

Cependant, un mécanisme de réplication spontanée de l'ADN après fécondation rétablit l'équilibre pour les gamètes c'est-à-dire un cas de polyploïdisation et de spéciation instantanée en sympatrie.

Dans les cas d'introgression, la fécondation répétée avec un hybride porteur d'un allèle à valeur sélective élevée aboutit dans certains cas au maintien de cet allèle dans le génome de la population mixte.

IV) Conséquences évolutives

Nous l'avons vu dans le III) A, l'expression des gènes des chromosomes dicte les mécanismes cellulaires et à toutes les échelles des individus.

Nous ne détaillerons pas les mécanismes de mutations génomiques à l'origine même des variations interindividuelles (un exemple illustrant l'impact des rayons UV sur les cellules eucaryotes est l'expérience de Hauser & al en 1933 avec la banque et l'activation des photolyases sur les Cyclobutan Pyrimidin Dimer induit par l'irradiation)

J'utiliserai ici un exemple issu de la recherche illustrant les conséquences évolutives possibles de l'expression chromosomique.

Ricardo Arbore & al publie en 2024 un article sur l'impact de l'expression d'un gène ALDH3A2 sur le phénotype d'un perroquet : le lori saumure.

L'écotype habituel du lori jaune est le rouge ; cependant certains individus présentent un plumage rouge.

Le pigment responsable de la couleur du plumage est le psittacofulvone qui présente à l'extrémité un groupement aldéhyde ($-C(=O)H$) ou carboxyl ($-C(=O)OH$)

R. Arbore démontre d'abord que le pigment à extrémité aldéhyde est rouge, et carboxyl - jaune.

Je ne détaillerai pas le reste de l'article de mémoire mais cette équipe fait le lien entre l'expression d'ALDH3A2 et une enzyme convertissant le pigment rouge en jaune. Plus le gène s'exprime, plus l'individu a un plumage jaune (gradient d'expression).

L'expression d'un gène conditionne significativement le phénotype du porteur.

Un écotype jaune est donc lié à une forte expression d'ALDH3A2, la valeur sélective associée à ce trait varie donc ; Des conséquences à moyen et long terme sur une sélection sexuelle provoquerait une flux chromosomique associé et pourquoi ne pas imaginer une ~~spéciation~~ isolement reproducteur et une spéciation à très long terme. Un gène sur un chromosome peut faire la différence.

L'homme possède environ 26000 gènes sur ses 46 chromosomes.

Epreuve - Matière : 102 2063 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.

Conclusion

Nous avons vu que la structure des chromosomes avait un impact fonctionnel sur l'expression et les mouvements chromosomiques (kintochères). Nous avons observé les mécanismes liés à la stabilité du nombre de chromosome par la mitose malgré la variété des types histolaires / cellulaires / temporelle.

Nous avons souligné l'importance de la diversification chromosomique lors des mécanismes de méiose, fécondation et hybridation.

Nous avons enfin brièvement illustré l'importance évolutive de l'expression d'une portion chromosomique de taille modeste : un gène.

Nous nous sommes restreint ici à n'aborder que des exemples ex-coryores ; dans les deux exemples d'endosymbiose de plante, les chromosomes ancestraux de bactéries endosymbiotiques ont migré horizontalement et sont un argument de l'évolution réticulée.

T. Coak en 2024 présente un article (qui fait suite à des articles antérieurs) qui fait de UCYN-A un endosymbionte de *B. bigelowii* (Kryptophytes). Il s'agit du désormais réticoplaste, cette structure intracellulaire est sans doute un quatrième exemple... I d'endosymbiose où le matériel génomique bactérien a migré par transfert horizontal chez la cellule hôte. Des protéines issues de la cellule hôte sont importées dans UCYN-A.

À ne pas douter, ces chromosomes appartiennent parfois au "petit noyau" des cellules.

Concours section : AGRÉGATION INTERNE SCIENCES DE LA VIE TERRE

Epreuve matière : Epreuve scientifique

N° Anonymat : N250NAT1001419

Nombre de pages : 24

18.29 / 20

