

Chapitre 5

LES DIVISIONS CELLULAIRES EUCARYOTES

INTRO  
SITUATION DECLENCHANTE

de la vie à la mort, l'intégrité/homéostasie et bien d'autres fonctions doivent être assurées. Lesquelles sont couvertes par nos divisions cellulaires et comment ? Le partage du travail intracellulaire est complété par une coopération/coordination des cellules au sein des tissus et entre tissus d'organes afin d'assurer cet équilibre/homéostasie en lien avec la réparation des dommages oxydation notamment, transmission de l'information génétique et épigénétique.

I / LA MEIOSE, 2 DIVISIONS CREANT DU NEUF UNIQUE

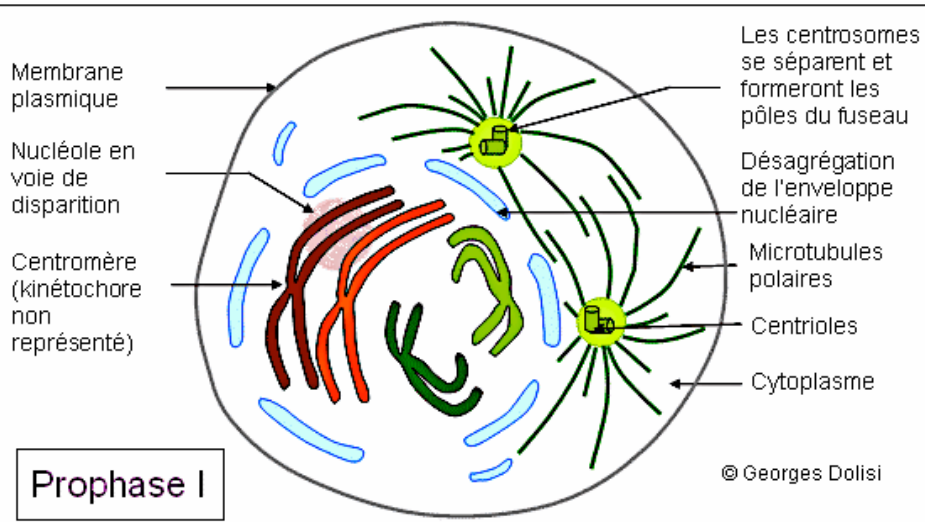
OÙ ? QUAND ? CHEZ QUI ? COMMENT ?

LA 1<sup>ÈRE</sup> DIVISION OU MÉIOSE I : RÉDACTIONNELLE : 1 CELLULE MÈRE À 2N CHROMOSOMES À 2 CHROMATIDES À 2 CELLULES FILLES À N CHROMOSOMES À 2 CHROMATIDES

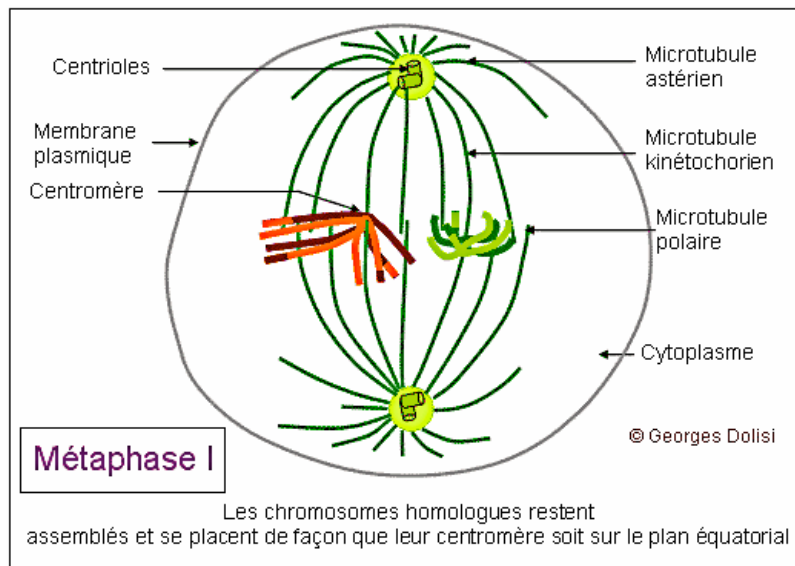
LA PROPHASE I

DURÉE	nombreux événements : 90% de la durée totale de la méiose
DÉROULEMENT	<b>Les chromosomes dupliqués se condensent progressivement, comme dans la mitose, mais s'unissent ensuite 2 par 2 en paires d'homologues appelées bivalents :</b> pour qu'il n'y ait pas d'erreur au moment de cet appariement, des protéines spécifiques vont assurer la reconnaissance des homologues, ainsi que leur assemblage (un chromosome de la paire n° 3 par ex. ne pourra s'apparier qu'avec l'autre chromosome de la paire n° 3).
	<b>disparition de l'enveloppe nucléaire</b>
	<b>il y a formation de chiasmats aléatoires au sein des bivalents et crossing-overs égaux aléatoires (échanges réciproques de fragments de chromatides des 2 homologues des bivalents) :</b> ces échanges (coupure puis soudure de fragments d'ADN) sont réalisés grâce à des enzymes de recombinaison très rigoureuses, qui ne permettent que des échanges de régions strictement homologues.
RAPPEL	sur 2 chromosomes homologues, les gènes sont tous placés de la même façon ; ce sont les allèles qui changent. Les crossing-over ne modifient donc pas la succession des gènes, mais uniquement la répartition des allèles.

REMARQUE



Les chromosomes (schéma théorique avec  $2n = 4$ ) sont en train de se condenser ; ils sont formés de deux chromatides sœurs.



Les chromosomes homologues restent assemblés et se placent de façon que leur centromère soit sur le plan équatorial

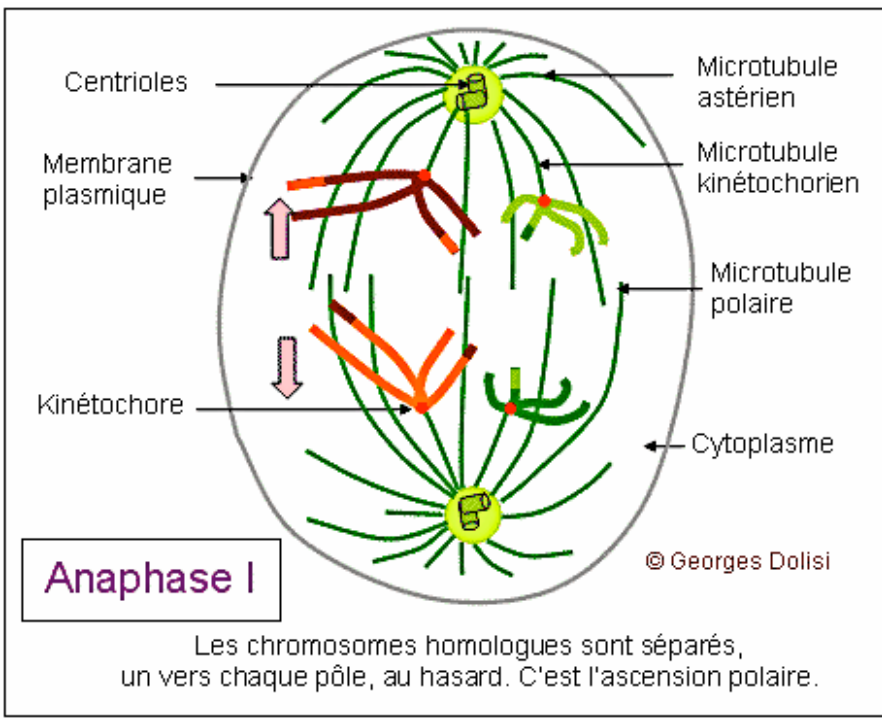
## METAPHASE I

1 Les comp  
Les chro

2 Tous les l  
a un par  
pôle du f

Les micr  
(ou polai

Elle est différe  
chromatides)  
chromatides, c



sés.

kinétochores (il y en  
rigés l'un vers un

otubules du fuseau

Les chromosomes homologues sont tirés chacun vers un pôle différent, au hasard, par les microtubules kinétochoriens qui raccourcissent, en même temps que le fuseau s'allonge. Le brassage intrachromosomique qui a eu lieu pendant la prophase, grâce aux crossing-over et aux échanges de fragments de chromosomes (donc d'ADN) prend maintenant tout son sens car les 2 chromatides sœurs d'un même chromosome ne sont pas identiques. Le schéma montre une combinaison possible de répartition des chromosomes, parmi un nombre gigantesque.

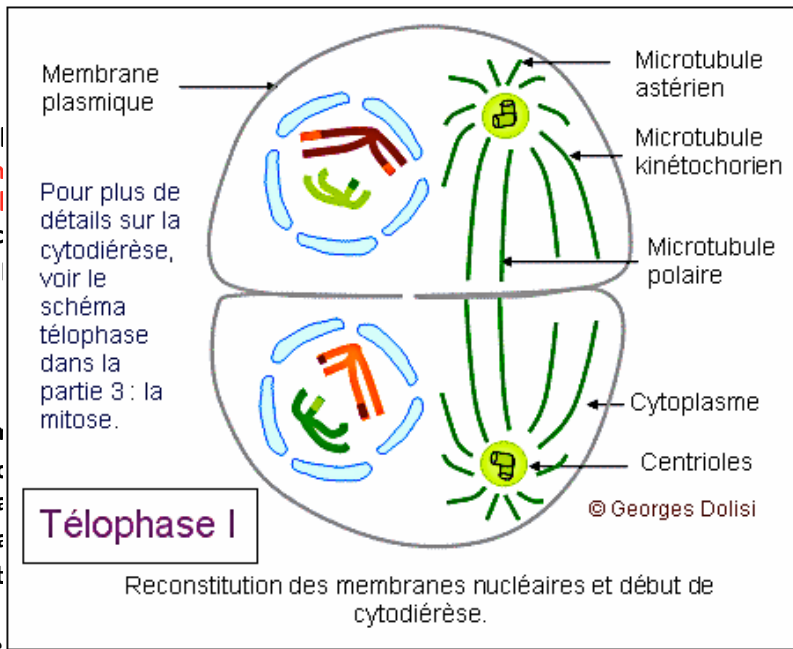
Le 2<sup>e</sup> brassage découle de la répartition au hasard des chromosomes homologues maternels et paternels entre les cellules filles pendant l'anaphase I (ou anaphase de première division - voir ci-dessous).

Ainsi, avec  $n = 23$  (il y a donc 46 chromosomes sur la plaque équatoriale en métaphase), et sachant que les chromatides d'un même chromosome sont séparés au hasard, il y a déjà  $2^{23}$  possibilités pour les gamètes d'un même individu !

Résultat : une nouvelle  
 départ 2n chromosomes  
 qui n'ont plus que n ch  
 raison pour laquelle c  
 chromosomes qui va

Cette phase est n  
 - la reconstituc  
 deux noyaux ha  
 - la division de la  
 - A noter que la t  
 la méiose.

Les chromosome  
 Il peut débuter sans attendre. Il peut y avoir une brève interphase, pendant laquelle les chromosomes peuvent subir un début de décondensation



t au  
 filles  
 est la  
 bre des

a cellule, formant

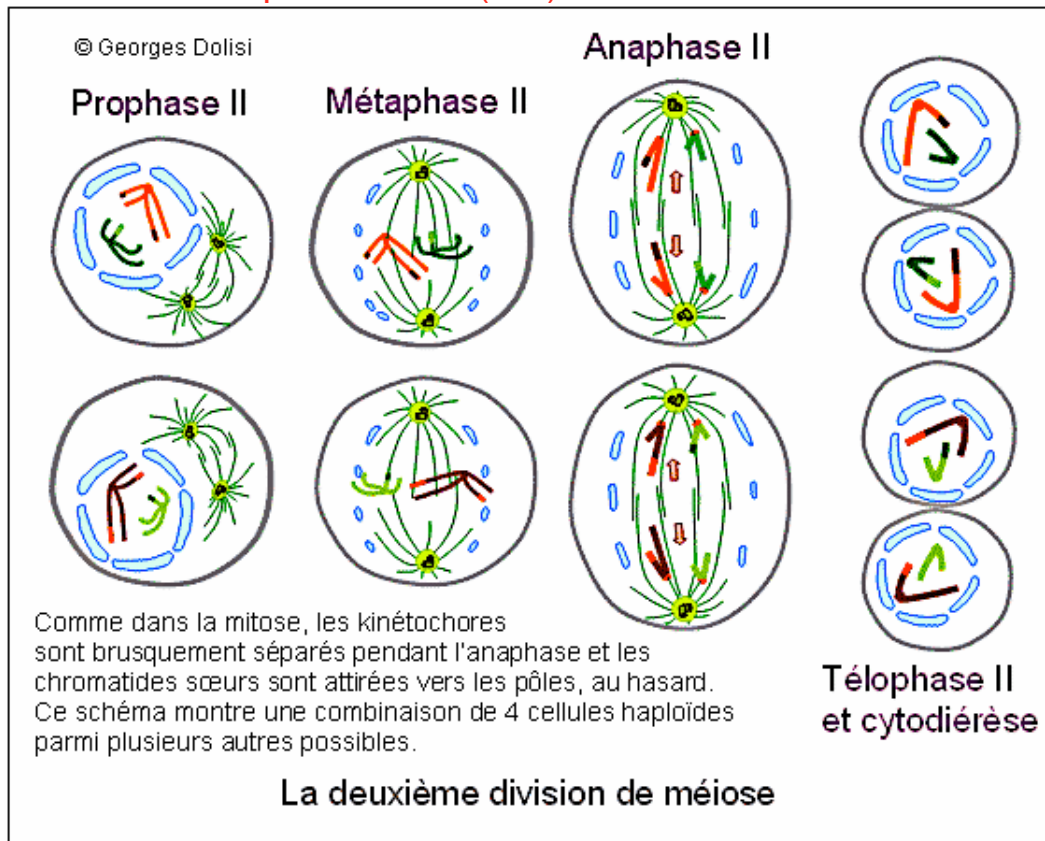
t la 2ème division de

s utile et la prophase

[HTTP://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=MDKD9KYHF4M](http://www.youtube.com/watch?v=MDKD9KYHF4M)

**2È DIVISION OU MÉIOSE II : ÉQUATIONNELLE : 2 CELLULES MÈRE À N CHROMOSOMES À 2 CHROMATIDES À 4 CELLULES FILLES À N CHROMOSOMES À 1 CHROMATIDE**

suite avec une cellule de départ à 4 chromosomes ( $2n = 4$ )



**Cette 2<sup>e</sup> partie de la méiose est en tous points comparable à une mitose et c'est la raison pour laquelle cette division n'est que la conséquence de la diversité génétique générée par les 2 brassages de la 1<sup>ère</sup> division réductionnelle.**

La prophase II est brève. L'enveloppe nucléaire disparaît en même temps que le nouveau fuseau se forme. Pendant la métaphase, les chromosomes se placent sur le plan équatorial du fuseau et les centromères s'accrochent aux kinétochores (un par chromatide).

L'anaphase est marquée par l'allongement des cellules et la brusque rupture des kinétochores : les chromatides sœurs sont entraînées vers les pôles, au hasard, ce qui augmente la diversité génétique.

Pour la télophase et la cytotodièrese, le schéma est volontairement simplifié pour ne montrer que l'une des combinaisons possibles. On voit que les 4 cellules ont un chromosome des 2 paires de départ, mais sont toutes différentes, suite aux échanges d'ADN qui se sont produits pendant les crossing-over de la prophase I. La seule vraie différence entre la méiose II et la mitose est que les chromosomes de ces cellules sexuelles ne sont présents qu'en un seul exemplaire au lieu de 2, ce qui va permettre, lors de la fusion avec l'autre gamète, de conserver le caryotype de l'espèce.

## BILAN

	<b>1<sup>ère</sup> division méiotique réductionnelle</b>		<b>2<sup>ème</sup> division méiotique équationnelle</b>
--	--	--	---

<b>Prophase I</b>	<p>1/ disparition de l'enveloppe nucléaire</p> <p>2/ condensation du matériel génétique pour former des chromosomes</p> <p>3/ appariement des chromosomes par paires d'homologues (bivalents)</p>	<b>Prophase II</b>	idem sans appariement bien sûr (il ne reste qu'un exemplaire chromosomique de chaque paire initiale)
<b>Métaphase I</b>	alignement des bivalents au niveau de l'équateur de la cellule	<b>Métaphase II</b>	idem
<b>Anaphase I</b>	séparation des chromosomes doubles (bichromatidiens) de chaque paire, chacun migrant vers un des pôles de la cellule en fonction du raccourcissement du filament d'attachement à leur unique kinétochore.	<b>Anaphase II</b>	<b>les chromatides de chaque chromosome sont cette fois séparés par rupture de leur centromère</b> en raison du raccourcissement des filaments qui les attache (microtubules qui leur sont rattachés, un à chacun des 2 kinétochores juxta-centromériques), un peu comme au cours d'une mitose.
<b>Télophase I</b>	<p>elle consiste en la reconstitution de l'enveloppe nucléaire et la décondensation du matériel génétique.</p> <p>On obtient donc à la fin de cette 1ère division <b>2 cellules à n chromosomes bichromatidiens.</b></p> <p><b>on a un nombre de chromosomes par cellule fille réduit de moitié par rapport à la cellule mère = division réductionnelle</b></p>	<b>Télophase II</b>	<p>1/ reconstitution de l'enveloppe nucléaire</p> <p>2/ décondensation du matériel génétique.</p> <p>On obtient donc à la fin de cette 1ère division <b>2 cellules à n chromosomes bichromatidiens.</b></p> <p><b>On a un nombre de chromosomes par cellule fille identique, égale à la cellule mère = division équationnelle</b></p>

## II / LA MITOSE = LA REPRODUCTION CELLULAIRE CONFORME (OU MITOSE OU PHASE M)

### QUI ? LES CELLULES SOMATIQUES

QUEL EST LE COMPORTEMENT DES CHROMOSOMES AU COURS DE LA MITOSE ? COMMENT SONT-ILS RÉPARTIS DANS LES 2 CELLULES FILLES ?

## A/ Déroulement

Les figures des étapes de la mitose, reproduction cellulaire conforme, peuvent s'observer dans tous les types de cellules eucaryotes mais sont particulièrement visibles dans les tissus en croissance comme l'extrémité des jeunes racines.

Le noyau, limité par son enveloppe, contient une chromatine plus ou moins dispersée  
<http://www.phonat.fr/zoomify/mitosis.html>

PHASE	DÉROULEMENT
1/ PROPHASE	(du grec pro, en avant) : - les chromosomes bichromatidiens (= doubles) se condensent : leur diamètre apparent augmente tandis que leur longueur diminue considérablement. Ils deviennent facilement transportables et observables au microscope - l'enveloppe nucléaire se désorganise
2/ MÉTAPHASE	(du grec méta, qui exprime le changement) : les chromosomes se placent tous selon un plan équatorial de la cellule
3/ ANAPHASE	(du grec ana, de bas en en haut) : les chromatides de chaque chromosome se séparent au niveau du centromère et migrent chacune vers un pôle opposé de la cellule. : elles forment 2 lots identiques de chromosomes monochromatidiens (= simples)
4/ TÉLOPHASE	( du grec telos, fin) : l'enveloppe nucléaire se reconstitue autour de chaque lot de chromosomes qui se décondensent. Le cytoplasme se répartit entre les 2 cellules filles qui se séparent, c'est la cytotéiérèse.

Chromatine : contenu du noyau interphasique formé d'ADN et de protéines sans que l'on puisse y identifier de structure particulière en microscopie optique.

**NB.** : Le rôle du fuseau mitotique (centrosomes et microtubules) n'est pas au programme.  
Les phases de la mitose sont comparables dans toutes les cellules eucaryotes.

<http://www.phonat.fr/zoomify/mitosis.html>  
<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0079-2>  
<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Mitose/img-anim/mitose-anim.htm>

## B/ Conservation du caryotype

On appelle caryotype (voir 3è), le nombre et la morphologie des chromosomes supports de l'information génétique. D'une génération cellulaire à la suivante, il est conservé. Pour le réaliser, on photographie les chromosomes en métaphase lorsqu'ils sont tous dans le même plan. : ils sont alors bichromatidiens.

Le caryotype est caractéristique de l'espèce : chez l'Homme, il y a 23 paires (46 chromosomes) dont 22 paires d'autosomes (chromosomes morphologiquement identiques 2 à 2) et une d'hétérochromosomes (ou chromosomes sexuels XX ou XY). On note n le nombre de paires de chromosomes (23 chez l'Homme), le nombre total de chromosomes est donc égal à 2n (46 chez l'Homme).

**BILAN** : LA DIVISION CELLULAIRE CONFORME OU MITOSE OU PHASE M EST UN PROCESSUS UNIQUE DU CYCLE CELLULAIRE À 4 PHASES SUCCESSIVES :

- 1/ LA PROPHASE : LES CHROMOSOMES BICHROMATIDIENS (= CHROMOSOMES DOUBLES) SE CONDENSENT, LEUR DIAMÈTRE APPARENT AUGMENTE TANDIS QUE LEUR LONGUEUR DIMINUE CONSIDÉRABLEMENT. ILS DEVIENNENT FACILEMENT TRANSPORTABLES ET OBSERVABLES AU MICROSCOPE, TANDIS QUE L'ENVELOPPE NUCLÉAIRE SE DÉSORGANISE
- 2/ LA MÉTAPHASE : LES CHROMOSOMES SE PLACENT TOUTS SELON UN PLAN ÉQUATORIAL DE LA CELLULE : ON DIT QUE LES CHROMOSOMES SONT EN PLAQUE ÉQUATORIALE
- 3/ L' ANAPHASE : LES CHROMATIDES DE CHAQUE CHROMOSOME SE SÉPARENT AU NIVEAU DU CENTROMÈRE ET MIGRENT CHACUNE VERS UN PÔLE DIFFÉRENT DE LA CELLULE. ELLES FORMENT AINSI DEUX LOTS IDENTIQUES DE CHROMOSOMES MONOCHROMATIDIENS (= CHROMOSOMES SIMPLES)

- 4/ LA TÉLOPHASE : EN FIN DE MITOSE, UNE ENVELOPPE NUCLÉAIRE SE RECONSTITUE AUTOUR DE CHAQUE LOT DE CHROMOSOMES, QUI SE DÉCONDENSENT. LE CYTOPLASME SE RÉPARTIT ENTRE LES DEUX CELLULES FILLES QUI SE SÉPARENT, C'EST LA CYTODIÉRÈSE.

=> ELLE CONSERVE DONC BIEN TOUTES LES CARACTÉRISTIQUES DU CARYOTYPE (NOMBRE, MORPHOLOGIE ET CONTENU DES CHROMOSOMES) QUI DÉFINIT EN PARTIE L'IDENTITÉ D'UNE ESPÈCE (SAUF ANOMALIES CHROMOSOMIQUES)

DVD 2 : programmes 2009 / dossier svt 2009 / cellules et molécules / la mitose (TB) DVD 1 / animations diverses 05.05/ Bio cellulaire / Mitose / ex d'autoévaluation /

en vidéo: <http://www.youtube.com/watch?gl=FR&hl=fr&v=aDAw2Zg4lgE&feature=related>

[http://www.youtube.com/watch?v=20Th4LTa\\_4&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=20Th4LTa_4&feature=related)

[http://www.ac-creteil.fr/biotechnologies/doc\\_biocell-videomitosis.htm](http://www.ac-creteil.fr/biotechnologies/doc_biocell-videomitosis.htm)

<http://www.cea.fr/UserFiles/File/Animations/aLaLoupe/mitose/mitose.htm>

## II / CYCLE CELLULAIRE & COMPORTEMENT DES CHROMOSOMES

QUEL EST L'ÉTAT ET LE COMPORTEMENT DES CHROMOSOMES AU COURS D'UN CYCLE CELLULAIRE AU-DELÀ DE LA MITOSE ET EN QUOI CELA LUI PERMET-ELLE DE FAIRE QUE L'ADN D'ÊTRE TRANSMIS FIDÈLEMENT AUX 2 CELLULES FILLES ?

### A/ les étapes du cycle

On appelle cycle cellulaire l'intervalle de temps entre la fin d'une division cellulaire conforme et la fin de la suivante : c'est l'ensemble des phases de la vie de la cellule de sa naissance à sa mort.

Il comprend la mitose (ou division cellulaire, phase M) et l'interphase (phase I) qui désigne l'intervalle entre 2 mitoses successives : cycle cellulaire = I + M.

remarque : il existe des cellules dont les cycles ne correspondent qu'à I, pas de phase M

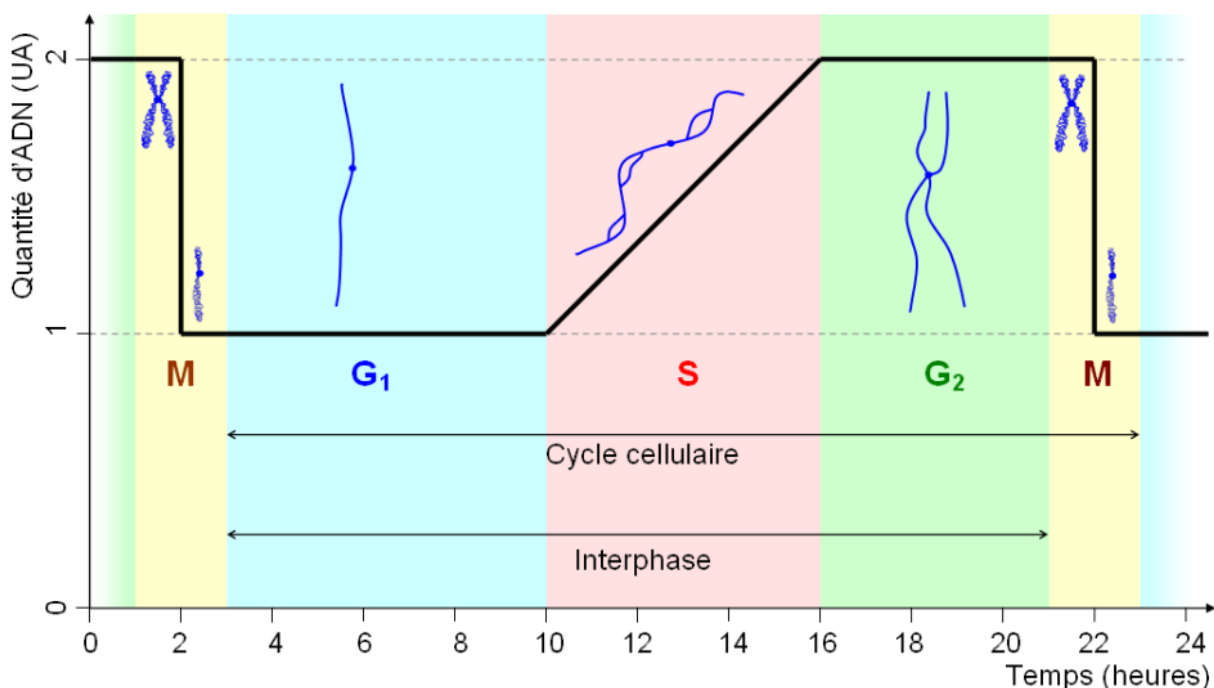
Les événements les plus remarquables d'un cycle concernent les chromosomes.

vu en 3è : Dans une population cellulaire, la quantité d'ADN par cellule peut varier du simple au double. En effet, en début d'interphase, la quantité d'ADN représente la moitié de celle que l'on peut mesurer en fin d'interphase. La mitose ramène ensuite la quantité d'ADN à sa valeur initiale.

### B/ le chromosome « dans tous ses états »

- Les chromosomes sont facilement observables au MO pendant la mitose car condensés.

- Durant l'interphase ils ne sont pas visibles, ils sont décondensés et forment la chromatine dans le noyau. Au microscope électronique (MET) à très fort grossissement on peut, alors, dans certaines conditions, observer des nucléofilaments d'ADN en "collier de perles".





a/ en mitose

La phase M (durée : 1 heure en général), marquée par la séparation physique des 2 cellules filles au cours de la mitose : les chromosomes sont condensés et visibles en MO. Chaque chromatide d'un même chromosome migre vers une cellule fille différente et devient indépendante : cela donne naissance à des chromosomes simples ou monochromatidiens qui ensuite se décondensent.

b/ en interphase

Photos des phases de la mitose	Schéma d'interprétation cellule à $2n=4$ 2 couples d'allèles (A//a et B//b)	Commentaire sur chaque phase de la mitose
		<p>Membrane cellulaire</p> <p><b>Prophase :</b> Condensation des molécules d'ADN sous forme de chromosomes à 2 chromatides</p> <p>Membrane nucléaire</p>
		<p><b>Métaphase :</b></p> <p>Alignement des chromosomes à 2 chromatides sur le plan équatorial de la cellule</p>

PHASE	ÉTAT DU CHROMOSOME	DURÉE
G1	Les chromosomes sont décondensés et monochromatidiens. La cellule assure son métabolisme et croît en taille	quelques h (parfois années !)
S	La cellule continue à assurer ses fonctions tandis que la quantité d'ADN double. Les chromosomes passent de l'état monochromatidien à l'état bichromatidien. En effet ils sont formés de 2 chromatides reliés par 1 centromère	6 à 20 heures
G2	le métabolisme cellulaire se poursuit, les chromosomes sont doubles ou bichromatidiens	2 à 6 h

G = de gap = intervalle.

c/ les différents niveaux de compaction du chromosome

⇒ voir fiche + vidéo :

Chacune de nos cellules contient 46 chromosomes qui déroulés complètement et mis bout à bout font 1,8 à 2m d'ADN sous forme de double hélice linéaire de 2 nm or il tient dans 5 à 10 micromètres de diamètre de noyau donc il est compacté (on dit condensé) en s'enroulant autour de protéines (les histones) : il se forme ainsi une sorte de "collier de perles" qui peut s'enrouler sur lui même. C'est l'état des molécules d'ADN en interphase.

calcul du facteur de compaction max :  $2 / (5 \times 10^{-6}) = 0,4 \times 10^6 = 400\ 000$

En prophase de mitose, les filaments d'ADN subissent une sur-enroulement se traduisant par une augmentation du diamètre apparent et une diminution de longueur : on dit que l'ADN est condensé (= 1 molécule d'ADN interphasique de 8 cm de long et 2 nm de diamètre passera à 7 µm de longueur pour 0,7 µm de diamètre). Les chromosomes sont alors bien individualisés, facilement transportables et... observables au MO.

comparaison : cette compaction équivaut à celle d'un fil de 20 micromètres de 20 km de long dans une balle de tennis.

<http://www.youtube.com/watch?v=AF2wwMRtF8>

<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0023-2>

### BILAN :

- ON APPELLE INTERPHASE L'INTERVALLE SÉPARANT DEUX MITOSES SUCCESSIVES ET LE CYCLE CELLULAIRE L'INTERVALLE ENTRE LA FIN D'UNE MITOSE ET LA FIN DE LA MITOSE SUIVANTE : CYCLE CELLULAIRE = INTERPHASE + MITOSE
  - LES CHROMOSOMES SONT DES STRUCTURES PERMANENTES DES CELLULES EUCARYOTES QUI SONT DANS DES ÉTATS DE CONDENSATION VARIABLES AU COURS DU CYCLE CELLULAIRE.
    - PHASE G1 : LES CHROMOSOMES MONOCHROMATIDIENS (= CHROMOSOMES SIMPLES) SONT DES NUCLÉOFILAMENTS FORMÉS ESSENTIELLEMENT D'UNE MOLÉCULE D'ADN. L'ENSEMBLE DES NUCLÉOFILAMENTS FORME LA CHROMATINE.
    - PHASE S. LA QUANTITÉ D'ADN DOUBLE ON PARLE DE RÉPLICATION DE L'ADN
    - PHASE G2. LES CHROMOSOMES BICHROMATIDIENS (= CHROMOSOMES DOUBLES) SONT FORMÉS DE DEUX NUCLÉOFILAMENTS, C'EST À DIRE DE DEUX MOLÉCULES D'ADN IDENTIQUES (MÊMES SÉQUENCES DE NUCLÉOTIDES).
    - PHASE M (MITOSE) : EN PROPHASE, LES CHROMOSOMES SE CONDENSENT. LEUR DIAMÈTRE APPARENT AUGMENTE TANDIS QUE LEUR LONGUEUR DIMINUE CONSIDÉRABLEMENT. EN ANAPHASE LES CHROMATIDES SE SÉPARENT PUIS SE DÉCONDENSENT DE SORTE QUE CHAQUE CELLULE FILLE QUI ENTRE EN PHASE G1 NE CONTIENT QUE LA MOITIÉ DE L'ADN DE LA CELLULE MÈRE EN PHASE G2 MAIS POSSEDE LA MÊME INFORMATION GÉNÉTIQUE.
- L'ADN EST UNE MOLÉCULE PELOTONNABLE EN MITOSE, CE QUI REND VISIBLE EN MO LE CHROMOSOME, STRUCTURE CONSTANTE DES CELLULES EUCARYOTES QUI PREND DES ÉTATS DE CONDENSATION VARIABLES SELON LES PHASES DU CYCLE CELLULAIRE.

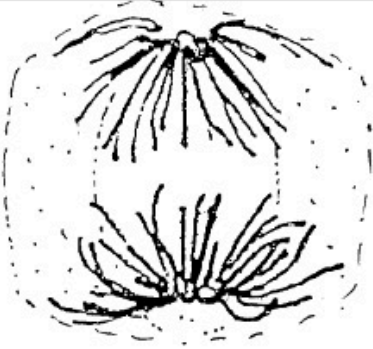
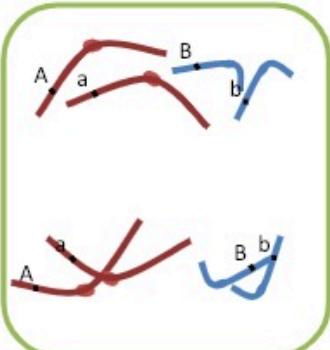

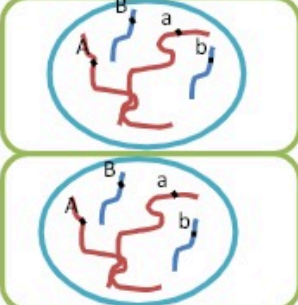
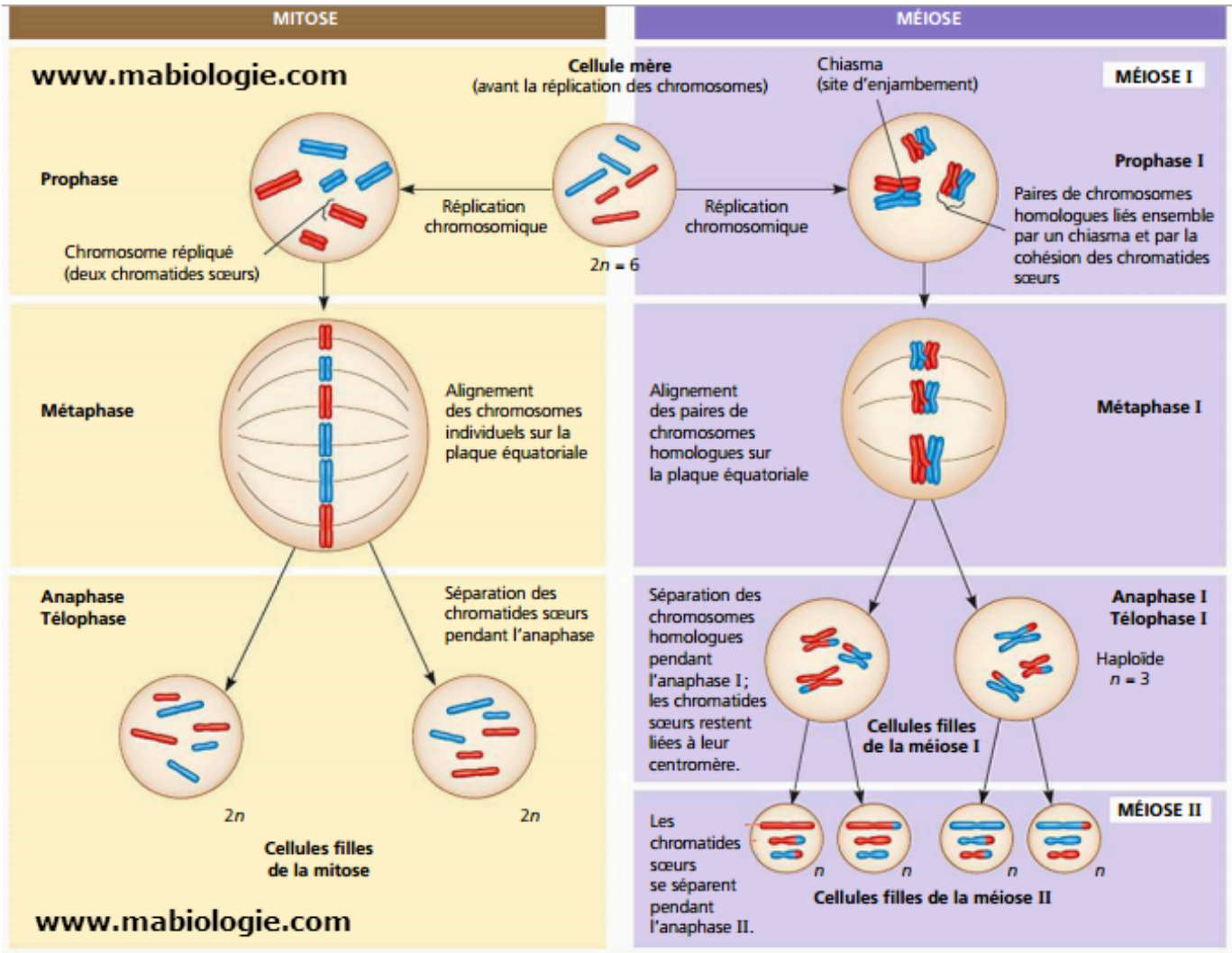
		<p><b>Anaphase</b> : Cassure du centromère et migration des chromatides de chaque chromosome à un pôle opposé de la cellule</p>
		<p><b>Télophase</b> : Séparation de la cellule mère en 2 cellules filles au même programme génétique (2n=4). Décondensation du programme génétique</p>

Tableau récapitulatif des événements cytologiques de la méiose.

Diagramme de variation de la quantité d'ADN								
<p>① Cellule à 2n chromosomes monochromatidiens</p> <p>② Synthèse d'ADN = Duplication</p> <p>③ Cellule à 2n chromosomes bichromatidiens</p> <p>④ 1<sup>ère</sup> division de méiose, passage à 2 cellules à n chromosomes bichromatidiens</p> <p>⑤ 2<sup>ème</sup> division de méiose, passage à 4 cellules à n chromosomes monochromatidiens</p>								
Schémas								
Description rapide	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condensation des chromosomes</li> <li>• Disparition de l'enveloppe nucléaire</li> <li>• Appariement des chromosomes homologues</li> </ul> <p>Les paires de chromosomes se placent sur le plan équatorial qui définit la plaque métaphasique</p> <p>Les chromosomes homologues de chaque paire se séparent et migrent à un pôle. Le hasard entraîne un brassage interchromosomique.</p> <p>Le cytoplasme commence sa division et donne naissance à 2 cellules filles haploïdes à chromosomes bichromatidiens</p> <p>Chaque chromosome se place perpendiculairement à la 1<sup>ère</sup> division</p> <p>Chaque chromosome bichromatidiens se place sur le nouveau plan équatorial</p> <p>Dans chaque cellule fille, les chromatides de chaque chromosome se séparent et migrent à un pôle</p> <p>Dans chaque cellule fille apparaît une cloison médiane qui donne naissance à 4 cellules filles haploïdes à chromosomes monochromatidiens</p>							
Etape	Prophase 1	Métaphase 1	Anaphase 1	Télaphase 1	Prophase 2	Métaphase 2	Anaphase 2	Télaphase 2



## 1/ LA MÉIOSE, PASSAGE DE LA DIPLOÏDIE (2N) À L'HAPLOÏDIE (N)

LA REPRODUCTION SEXUÉE PERMET LA STABILITÉ DES CARYOTYPES AU SEIN DES ESPÈCES AU COURS DES GÉNÉRATIONS ET UNE DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES INDIVIDUS.

LA MÉIOSE EST L'UNE DES ÉTAPES DE LA REPRODUCTION SEXUÉE ET PERMET DE GÉNÉRER DES GAMÈTES. ELLE EST PRÉCÉDÉE, COMME TOUTE DIVISION, D'UN DOUBLEMENT DE LA QUANTITÉ D'ADN (RÉPLICATION, PHASE S). LA MÉIOSE EST UNE SUCCESSION DE 2 DIVISIONS CELLULAIRES : ELLE PRODUIT 4 CELLULES HAPLOÏDES À PARTIR D'UNE CELLULE DIPLOÏDE, CHAQUE DIVISION COMPRENANT 4 PHASES DE MÊME DÉNOMINATION QUE LA MITOSE : PROPHASE, MÉTAPHASE, ANAPHASE ET TÉLOPHASE. MAIS LA COMPARAISON AVEC LA REPRODUCTION CELLULAIRE CONFORME S'ARRÊTE LÀ.

## 2/ LA MÉIOSE, SOURCE DE DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE

LES CHROMOSOMES PORTENT PLUSIEURS GÈNES EXISTANT SOUS PLUSIEURS DÉCLINAISONS, VARIANTS APPELÉS ALLÈLES ; DES GÈNES PORTÉS PAR LA MÊME PAIRE SONT DITS LIÉS ET CEUX PORTÉS PAR DES PAIRES DIFFÉRENTES SONT DITS INDÉPENDANTS.

LA POSITION DES GÈNES EST RÉVÉLÉE PAR L'ANALYSE STATISTIQUE DE TEST-CROSS QUI PEUVENT RÉVÉLER LA SURVENUE OU NON DE CROSSING-OVER, RECOMBINAISONS ALÉATOIRES DE FRAGMENTS GÉNIQUES HOMOLOGUES DE 2 CHROMATINES D'UN BIVALENT (ENCHEVÊTREMENT DE 2 CHROMOSOMES D'UNE MÊME PAIRE) AUSSI APPELÉE TÉTRADE (DE CHROMATIDES)

AINSI, POUR 2 GÈNES ÉTUDIÉS, DES PROPORTIONS MAJORITAIRES OBTENUES DANS LA DESCENDANCE, DITES PARENTALES ET L'EXISTENCE DE FRÉQUENCES DE GÉNOTYPES MINORITAIRES TELLES QU'ON S'ÉLOIGNE DE QUATRE PHÉNOTYPES ÉQUIPROBABLES (ENVIRON  $4 \times 25\%$ ) CONFIRME L'EXISTENCE DE CROSSING-OVERS ET INDIQUENT DONC 2 GÈNES LIÉS.

LES GÈNES LIÉS LORS DE L'APPARIEMENT DES PAIRES FORMENT DONC CE QU'ON APPELLE DES BIVALENTS EN PROPHASE 1 (DE 1ÈRE DIVISION MÉIOTIQUE) OÙ DES POINTS DE CONTACT APPELÉS CHIASMES AVEC ÉCHANGES D'ALLÈLES PEUT AVOIR LIEU : C'EST LE BRASSAGE INTRACHROMOSOMIQUE OU CROSSING-OVER OU ENJAMBEMENTS  
⇒ IL S'AGIT D'UNE SOURCE D'AUGMENTATION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES FUTURS GAMÈTES.

AU COURS DES ANAPHASES I, A LIEU UNE DISJONCTION DES PAIRES PUIS DES CHROMATINES (ANAPHASE 2, DE 2È DIVISION DE MÉIOSE)/ LA RÉPARTITION ALÉATOIRE DE CEUX-CI ( 2 POSSIBILITÉS PAR PAIRE) DANS LES CELLULES-FILLES EST APPELÉ BRASSAGE INTERCHROMOSOMIQUE, QUI PARTICIPE À L'AMPLIFICATION DE CETTE DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE ET DONC 2È SOURCE DE DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE EXPLIQUANT L'UNICITÉ DES INDIVIDUS.

[HTTP://SVT.AC-AMIENS.FR/ARCHIVES\\_SVT/INFO/LOGICIELS/ANIMEIOSE/MEIOSE.HTML](http://svt.ac-amiens.fr/archives_svt/info/logiciels/animeiose/meiose.html)

## 3/ LA FÉCONDATION, 3È SOURCE DE DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE AMPLIFIANT LE BRASSAGE GÉNÉTIQUE MÉIOTIQUE

ELLE CONSISTE EN L'UNION DU CONTENU DES NOYAUX DE 2 GAMÈTES, UN MÂLE ET UN FEMELLE : LEUR FUSION CONDUIT À UN ZYGOTE : CETTE RENCONTRE AU LIEU AU HASARD.

LA FÉCONDATION AMPLIFIE LE BRASSAGE GÉNÉTIQUE MÉIOTIQUE ET CONTRIBUE À UNE GRANDE DIVERSITÉ VOIRE UNE UNICITÉ DES INDIVIDUS QUI EN SONT ISSUS.

AINSI, PAR REPRODUCTION SEXUÉE, LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE POTENTIELLE DES ZYGOTES EST IMMENSE. : CHACUN CONTIENT UNE COMBINAISON UNIQUE ET NOUVELLE D'ALLÈLES DONT SEULE UNE FRACTION EST VIABLE ET SE DÉVELOPPE.

## 4/ ANOMALIES DE LA MÉIOSE, INNOVATIONS GÉNÉTIQUES ET ÉVOLUTION

DES ANOMALIES PEUVENT SURVENIR :

QUOI ?	QUAND ?	QUOI ?	EXEMPLES	CONSÉQUENCES
--------	---------	--------	----------	--------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>1/ UN MOUVEMENT ANORMAL DES CHROMOSOMES D'UNE PAIRE</u></li> </ul>	<p>ANAPHASE 1 OU 2</p>	<p>MAUVAISE DISJONCTION DES CHROMOSOMES PRODUIT UN GAMÈTE AVEC UN NOMBRE INHABITUEL DE CHROMOSOMES : COMBINÉ À LA FÉCONDATION AVEC LE GAMÈTE DE L'AUTRE SEXE ET MIS EN COMMUN DANS LE NOYAU D'UN ZYGOTE</p>	<p>TRISOMIES OU MONOSOMIES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DES TROUBLES PHÉNOTYPIQUES POUR L'INDIVIDU QUI EN EST ISSU SI SON DÉVELOPPEMENT EST VIABLE. LA PLUPART DE CES ZYGOTES NE SONT PAS VIABLES ET À L'ORIGINE D'AVORTEMENTS SPONTANÉS (FAUSSES-COUCHES)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>2/ UN CROSSING-OVER INÉGAL</u></li> </ul>	<p>PROPHASE 1</p>	<p>UN DES CHROMOSOMES D'UNE PAIRE A LA PORTION CODÉE EN 2 EXEMPLAIRES AU LIEU D'UN ET L'AUTRE L'A PERDUE</p>	<p>LES OPSINES GNRH, FSH ET LH LES GLOBINES (⇒ VOIR 1ÈRE S)</p>	<p>LE ZYGOTE OBTENU À PARTIR DE TELS GAMÈTES AVEC DUPLICATIONS OU PERTE DE GÈNES SERA CONCERNÉ PAR DIVERSES CONSÉQUENCES PHÉNOTYPIQUES MAIS SERA AUSSI D'UN POINT DE VUE ÉVOLUTIF, ALLIÉ AUX MUTATIONS PONCTUELLES SURVENUES AU HASARD AU FUR ET À MESURE DU TEMPS SUITE À DES ERREURS DE RÉPLICATION PAR EXEMPLE, CONTRIBUTEUR (PAR DUPLICATION) DE LA DIVERSIFICATION DES GÉNOMES DU VIVANT ET EST À L'ORIGINE DE FAMILLES MULTIGÉNIQUES. POUR RECONSTITUER LE SCÉNARIO DE L'HISTOIRE D'UNE FAMILLE MULTIGÉNIQUE, ON ÉTUDIE LES HOMOLOGIES DE SÉANCE MOLÉCULAIRE (BASES AZOTÉES NUCLÉOTIDIQUES ADN OU ACIDES AMINÉS DES PROTÉINES) : PLUS ILS SONT HOMOLOGUES, PLUS LA DUPLICATION EST RÉCENTE ET INVERSEMENT.</p>

5/ LA MITOSE, REPRODUCTION CONFORME DES CELLULES SOMATIQUES DE L'ORGANISME PLURICELLULAIRE EN ÉQUILIBRE AVEC L'APOPTOSE PARTICIPE AU DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE, A LA CROISSANCE , AU RENOUVELLEMENT CELLULAIRE ET A L'INTÉGRITÉ TISSULAIRE, SON HOMÉOSTASIE

[HTTPS://SAGASCIENCE.COM/KARSENTI/](https://sagascience.com/karsenti/)