

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A1 Cytogénétique et évolution



Teaching Notes

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A1 Cytogénétique et évolution

Avertissements :

1- le présent document est exclusivement destiné aux élèves de terminale S du lycée J H FABRE et a donc un but pédagogique et une diffusion restreinte

2- certains éléments peuvent ne pas être libres de droits, l'auteur n'est pas responsable de l'usage qui peut en être fait

3-

[...

P. Mueller et D. Oppenheimer ont évalué les deux groupes de participants une semaine après le cours. Là encore, ceux qui avaient pris des notes à la main ont obtenu les meilleures performances. Ces notes, qui incluent les propres mots et l'écriture des étudiants, semblent rappeler plus efficacement les souvenirs, en recréant aussi bien le contexte (les processus de pensée, les émotions, les conclusions) que le contenu (notamment les données factuelles) de la session d'apprentissage.

Ces résultats ont des implications importantes pour les étudiants qui se fondent sur du contenu mis en ligne par les enseignants. Quand ils ne prennent aucune note, ils n'organisent pas les informations et ne les synthétisent pas dans leurs propres mots. Ainsi, ils ne s'engagent pas dans le travail mental qui favorise l'apprentissage.

...]

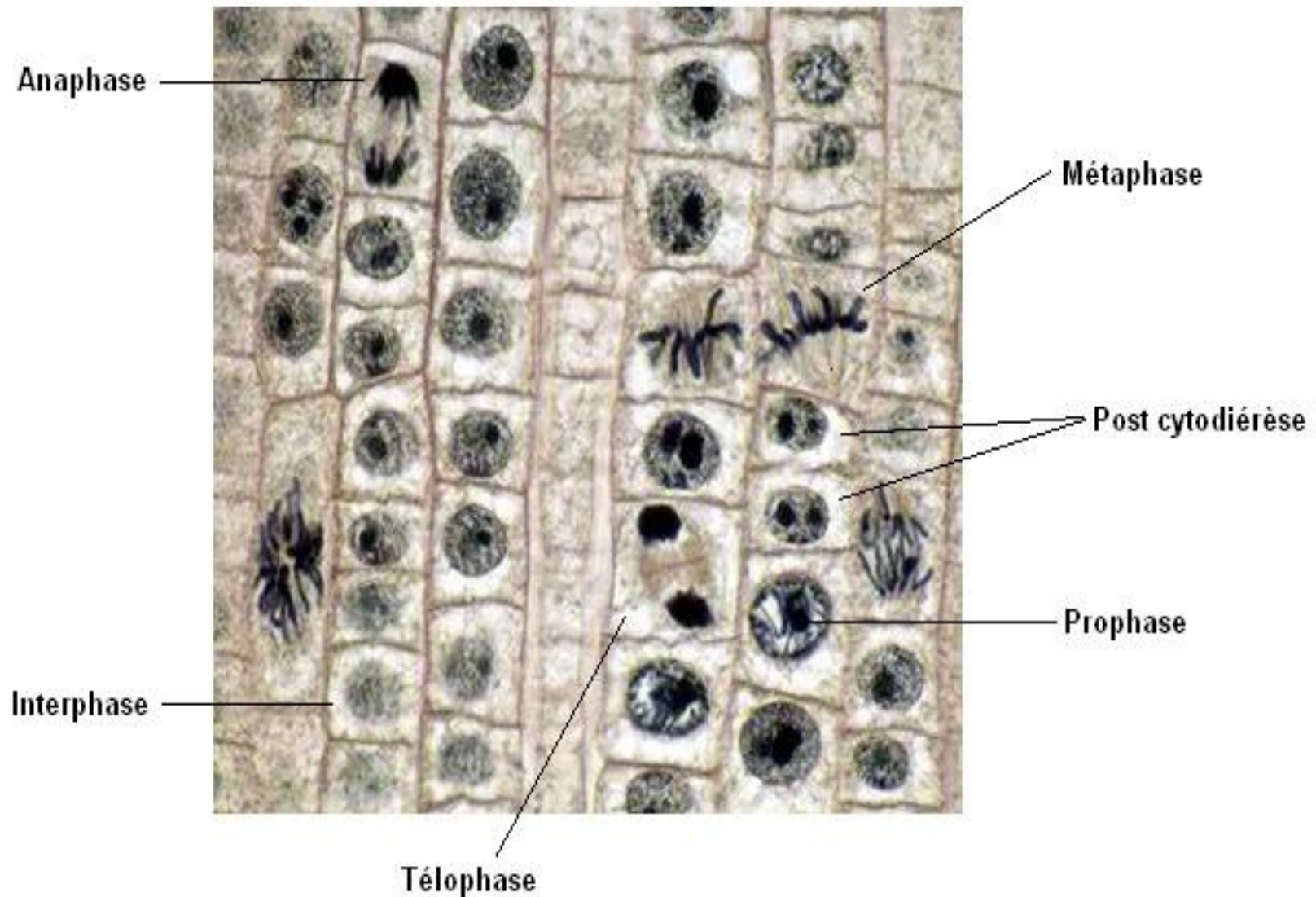
Pam Mueller, de l'Université de Princeton, et Daniel Oppenheimer, de l'Université de Californie à Los Angeles, 2014

4- Un cours de TS ça se mérite! (anonymes 2012)

Version

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution Rappels de 1S – la mitose

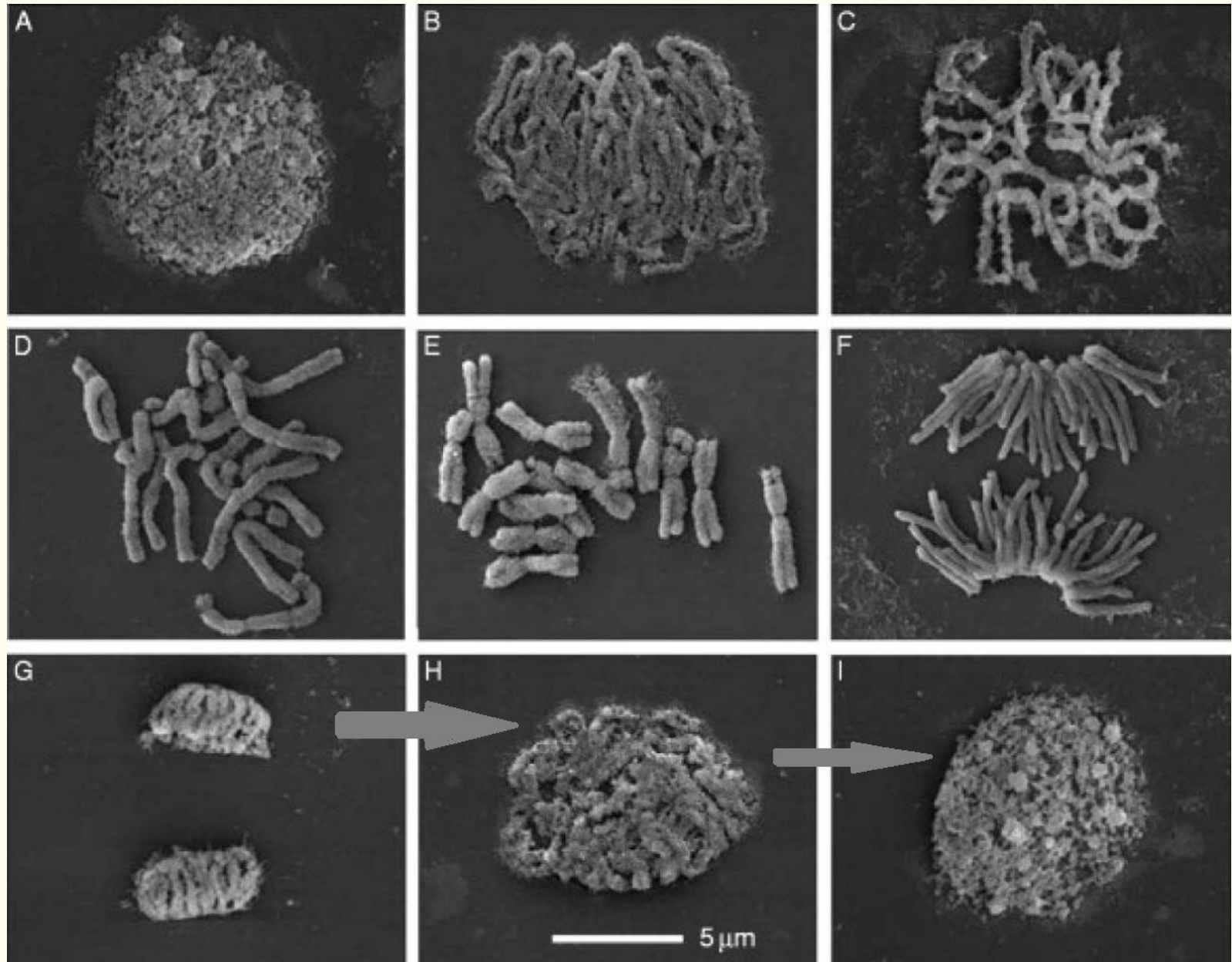


Mitoses dans la racine d'ail (*Allium* sp.), vue au microscope optique, coloration et grossissement inconnus, auteur inconnu, source internet.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

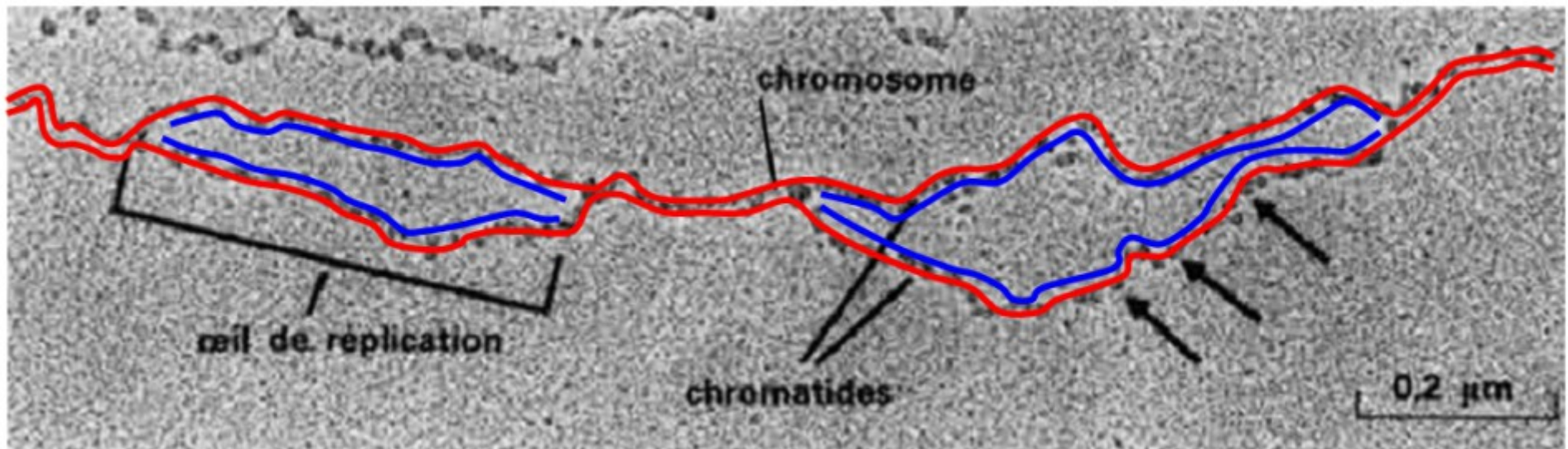
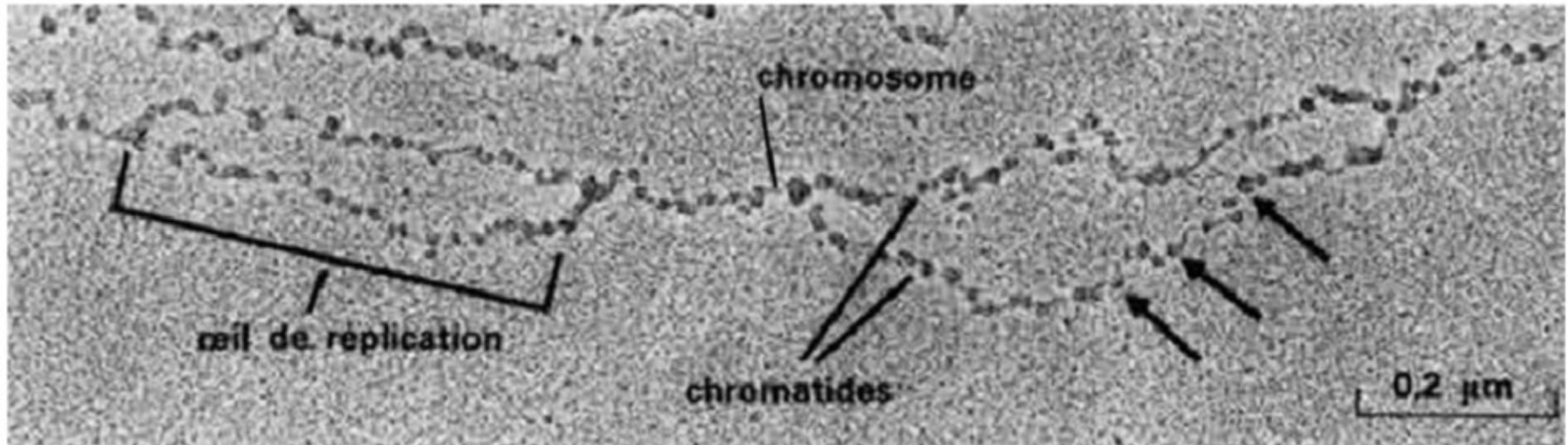
Rappels de 1S – la mitose – MEB - on ne voit que les chromosomes



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

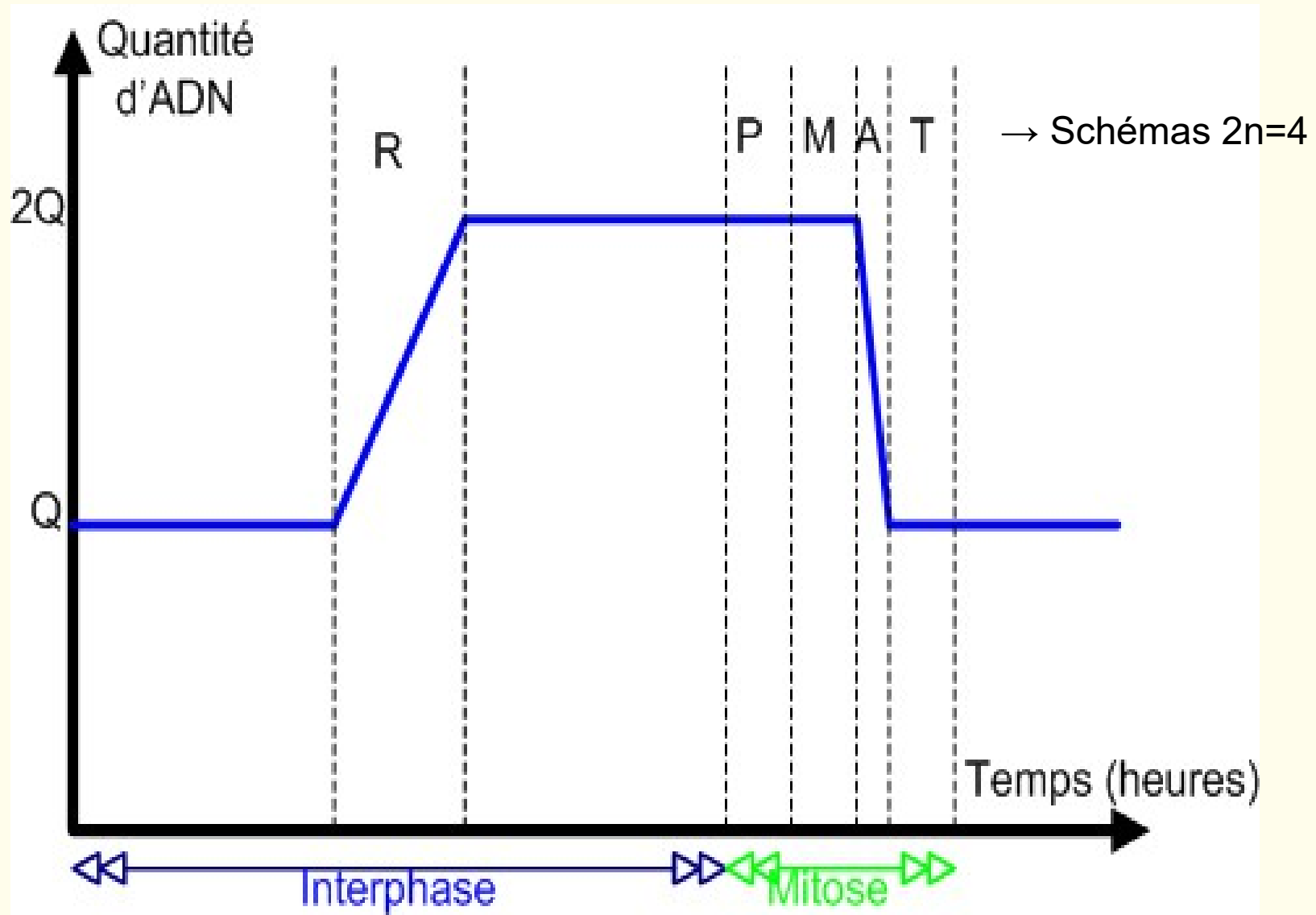
Rappels de 1S – la mitose – Réplication semi-conservative de l'ADN schéma →



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

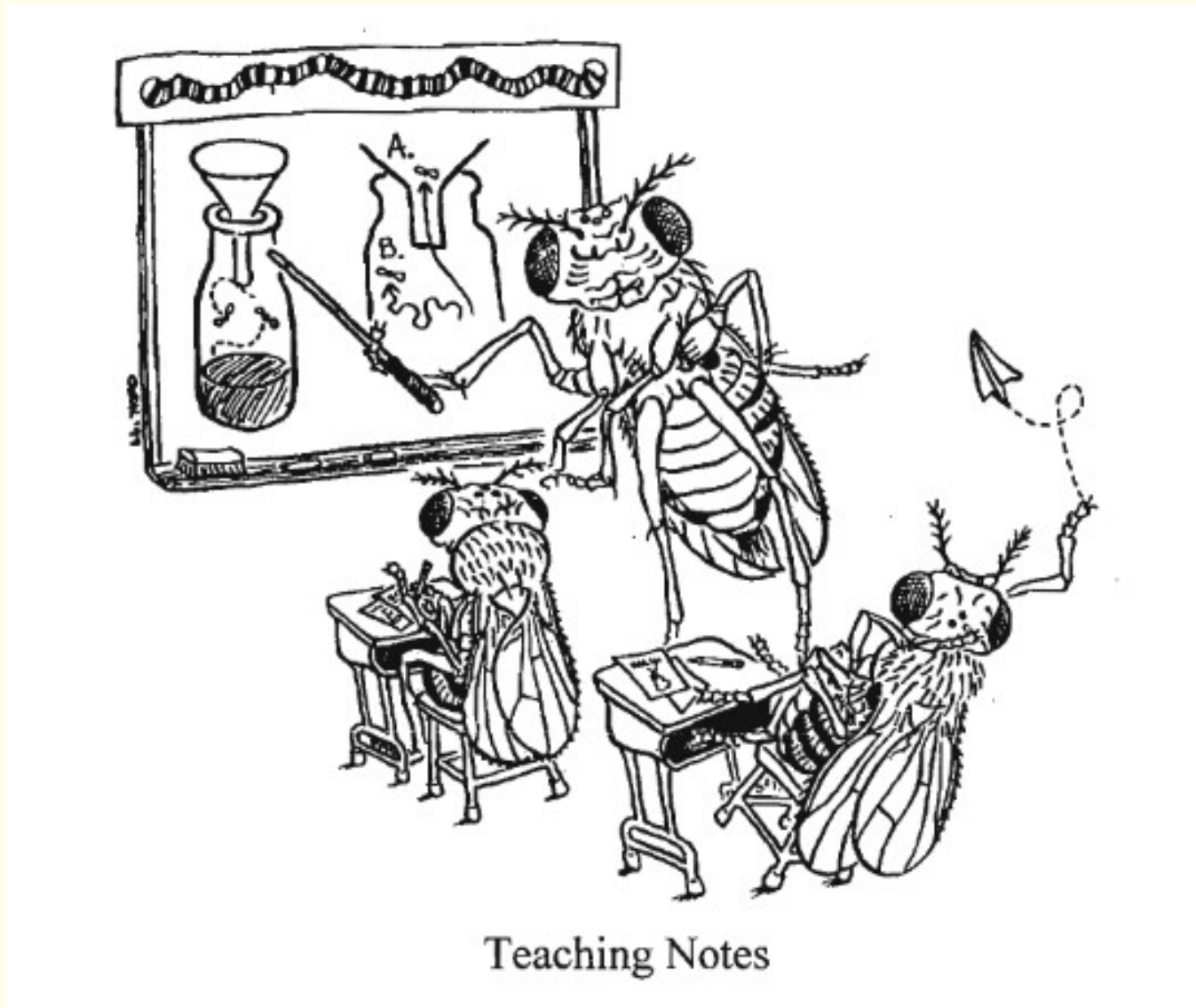
Rappels de 1S – la mitose – Quantité d'ADN au cours de la mitose



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique



Univ. of Oklahoma 1999

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Cas de la production de gamètes chez les animaux diploïdes à cycle monogénétique.

Schématiser $2n=4$

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Problème?



pré-Zygote



Embryon

jm

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique



Cellule de tube séminifère de criquet,
microscope optique, X60, colorant de Giemsa,
Barre 50µm



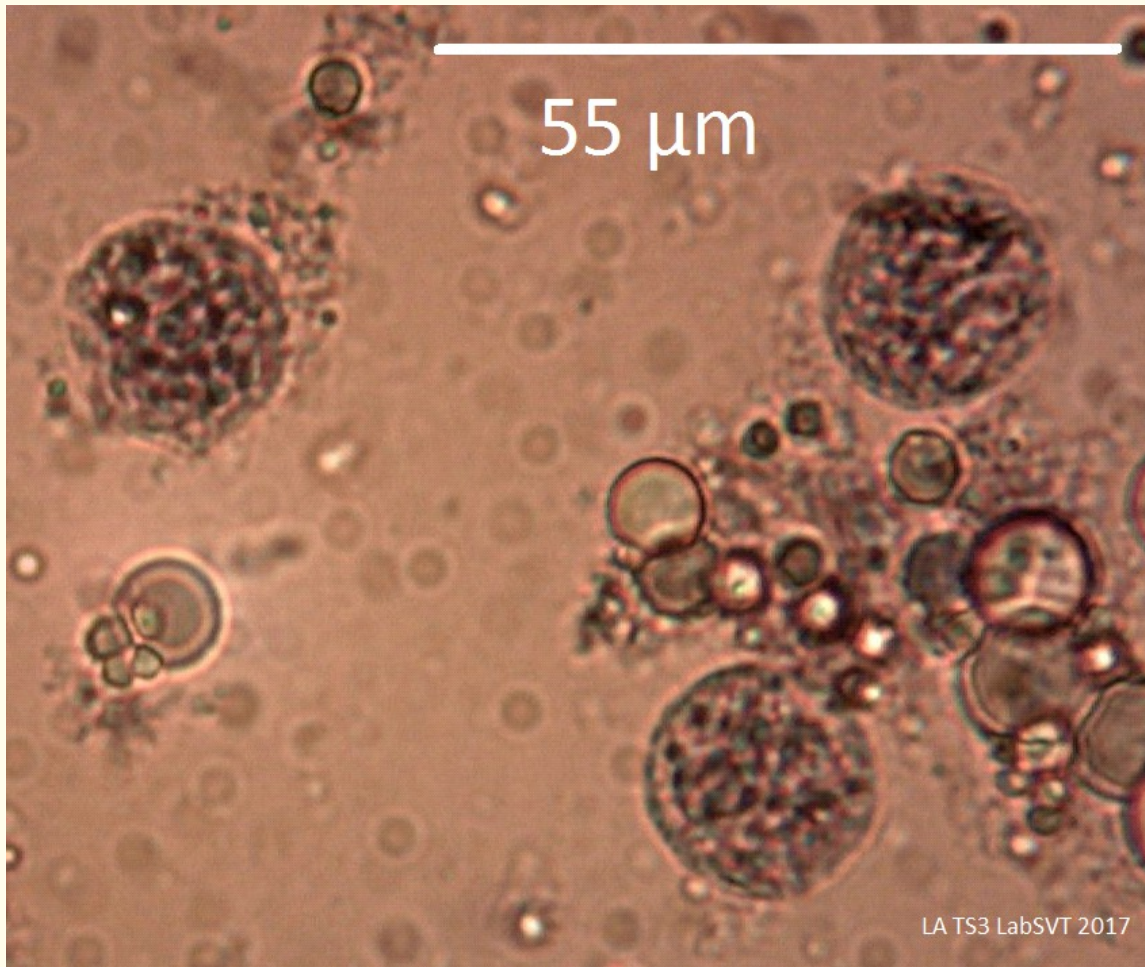
Grain de pollen ($n=12$) de lys ($2n=24$)
microscope optique x60 coloration (?)

Dans les organes qui fabriquent les gamètes on peut observer des cellules en division.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique



Cellule de tube séminifère de criquet, microscope optique, X60, colorant Bleu de Toluidine

Dans les organes qui fabriquent les gamètes on peut observer des cellules en division.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Le même phénomène chez
les plantes à fleurs



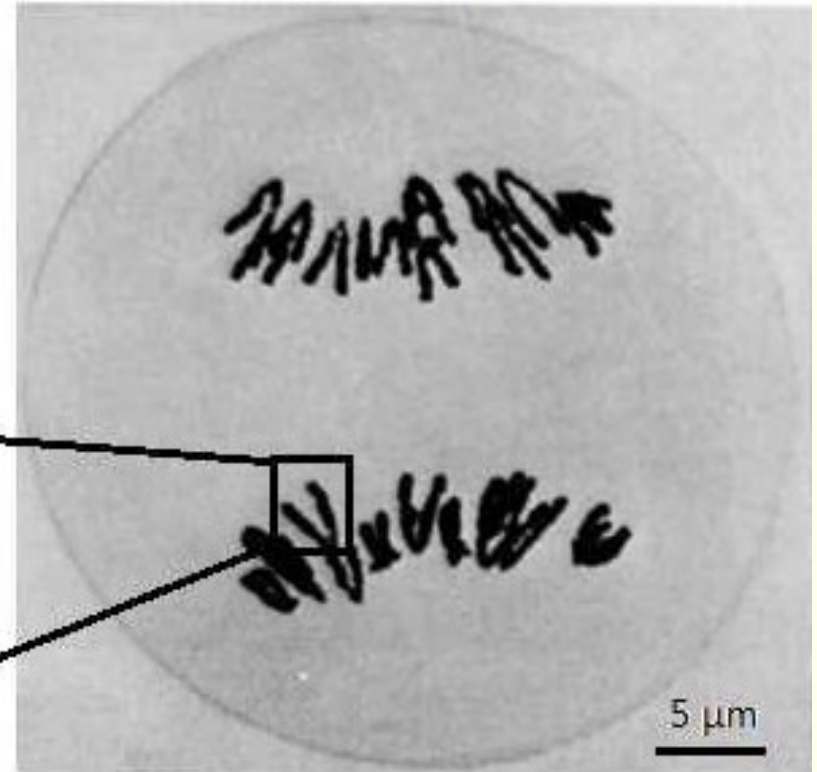
Fleur de prunier

Anthère →
Pollen →
Gamètes mâles

Séparation des
chromosomes mais ils
sont bichromatidiens!



Une cellule d'anthère
de lys en division



Méïose = succession de deux divisions cellulaires précédée comme toute division d'un doublement de la quantité d'ADN (réplication).

Schéma général: elle produit quatre cellules haploïdes à partir d'une cellule diploïde.

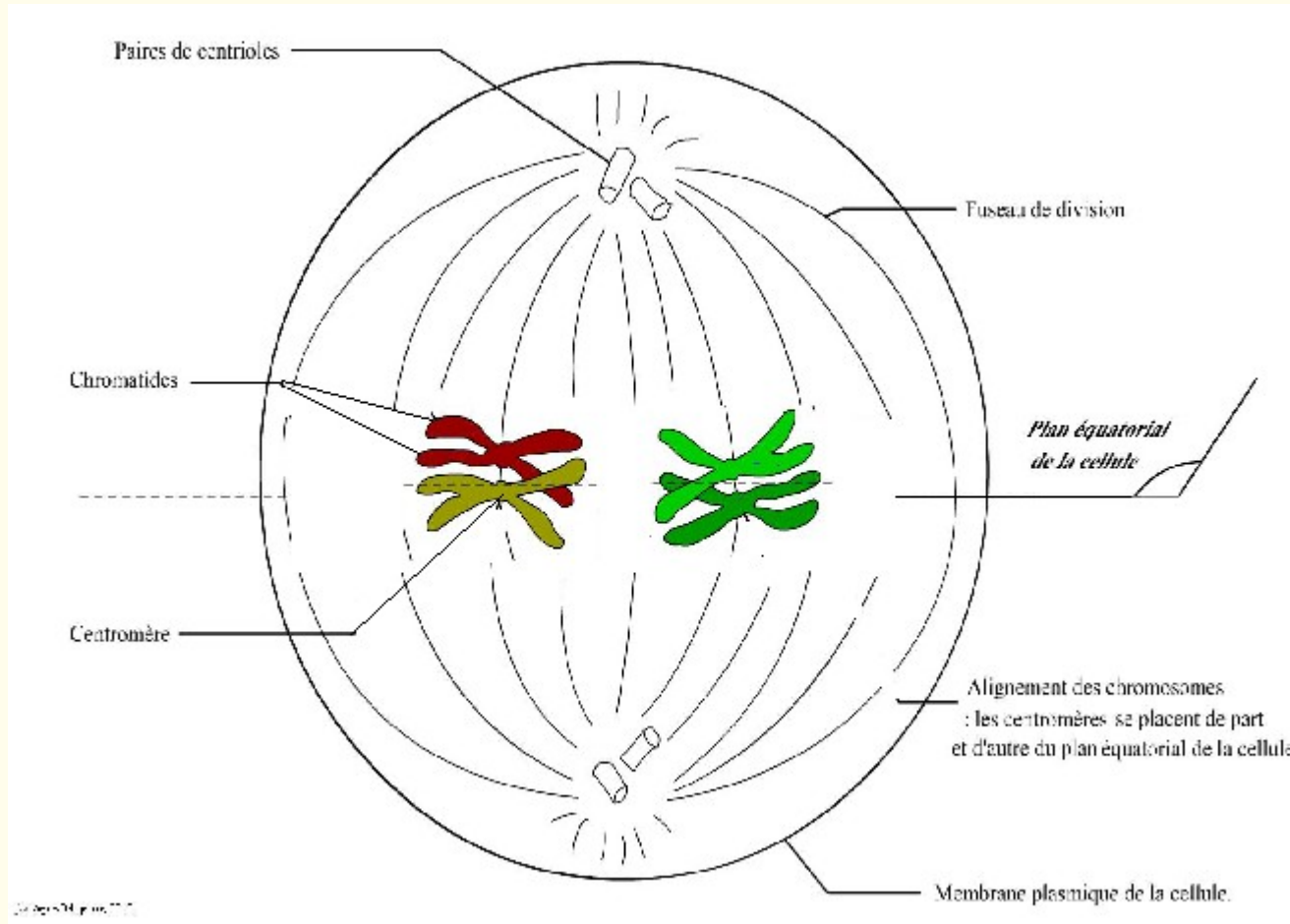
Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Vidéo !

Modélisation
chez un animal
à $2n=4$



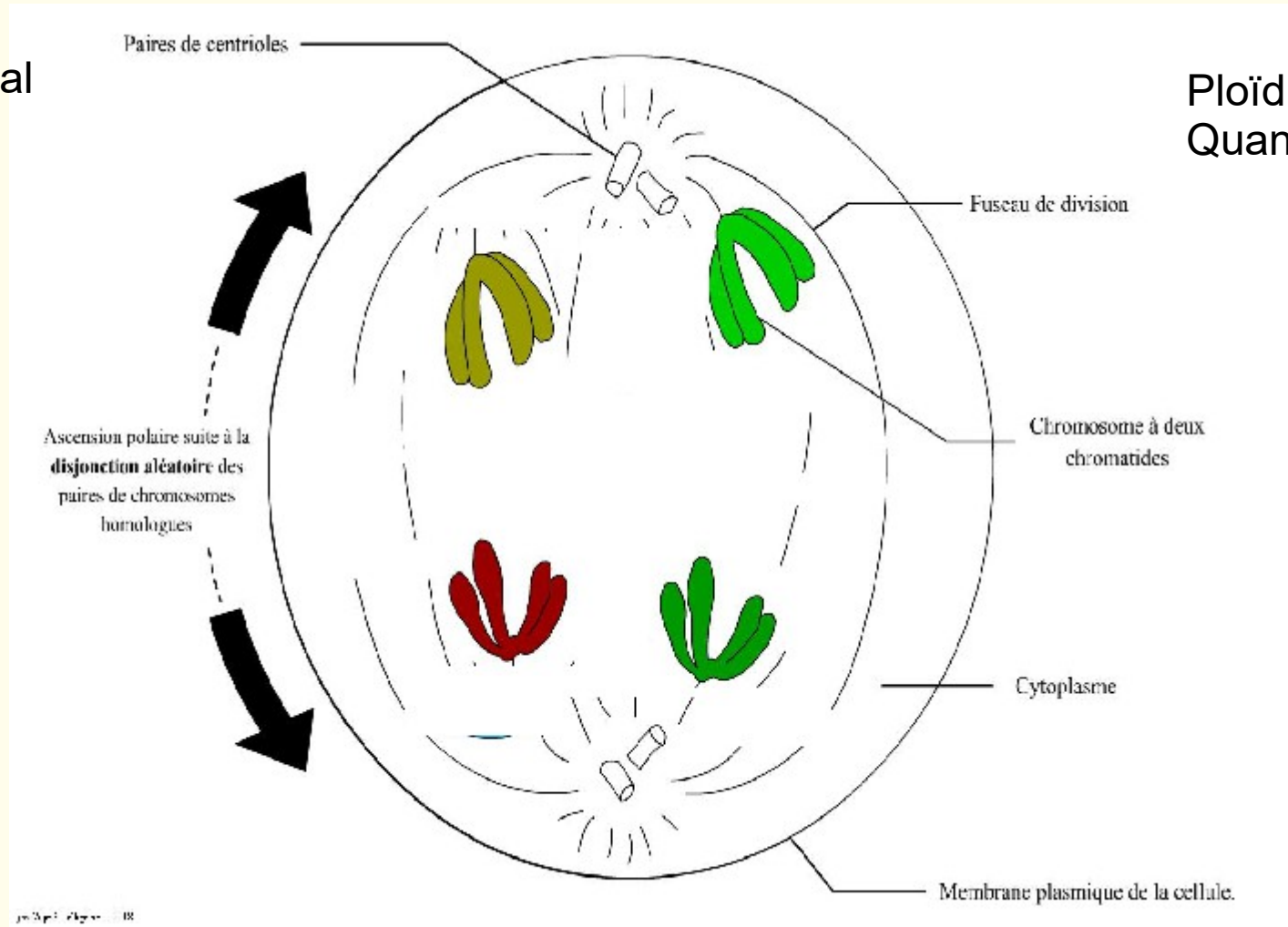
Alignement de part et d'autre du plan équatorial – Disjonction aléatoire !?!

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Modélisation
chez un animal
à $2n=4$



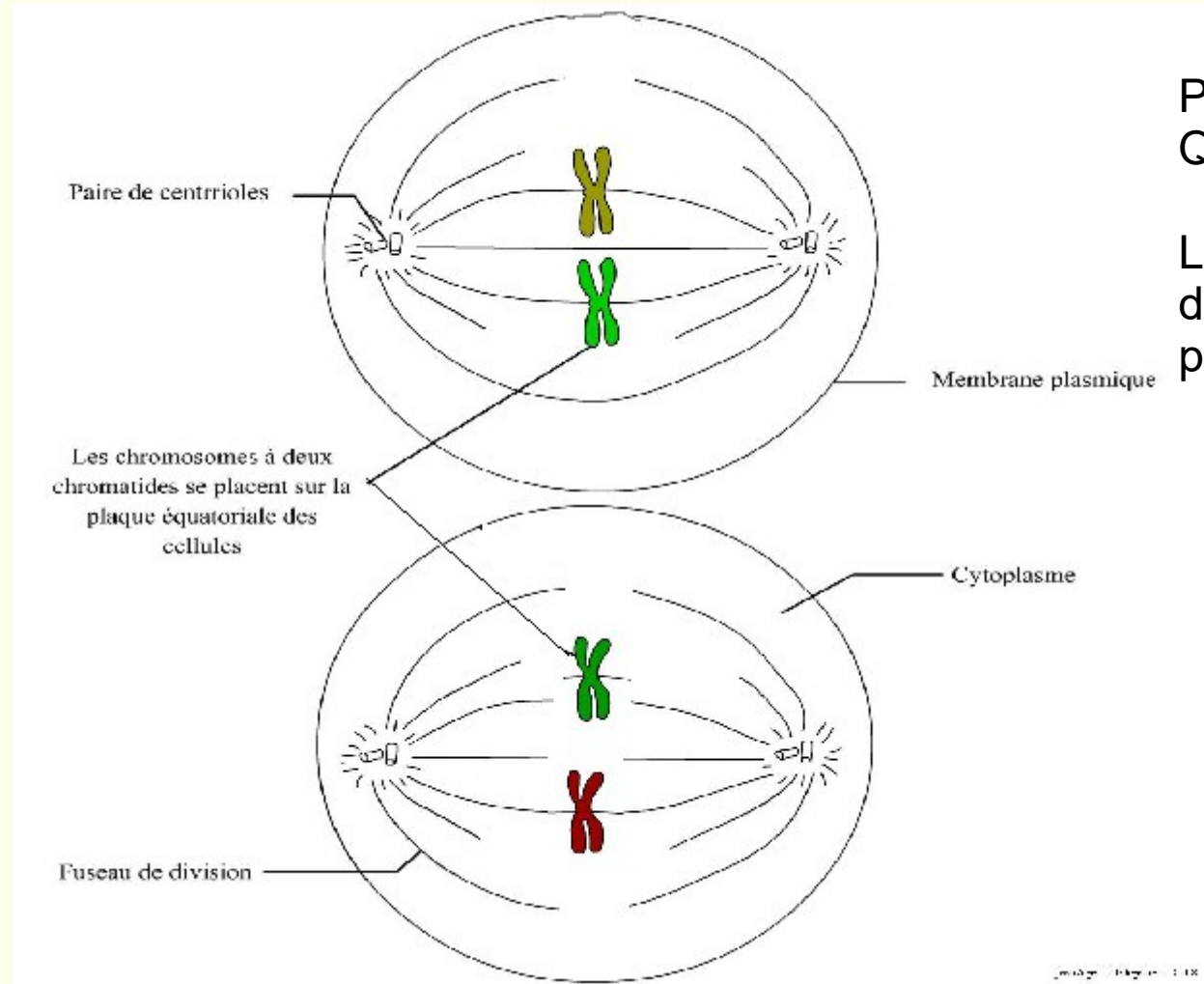
La première division sépare les chromosomes homologues (état bichromatidien) – division réductionnelle

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Modélisation
chez un animal
à $2n=4$



Ploïdie ?
Quantité d'ADN?

Les 2 plans de
division sont
perpendiculaires.

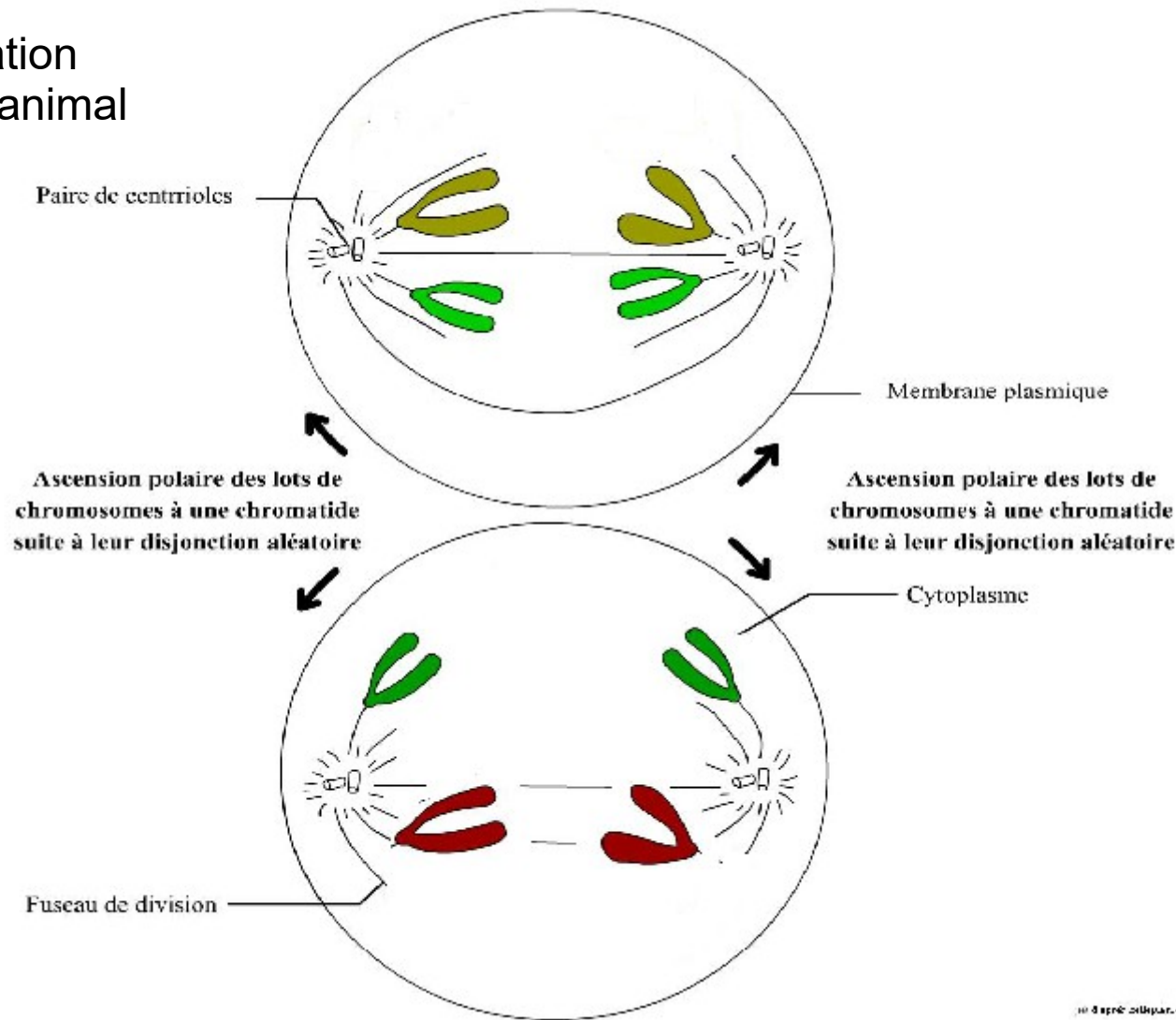
La deuxième division ressemble à une mitose – division équationnelle -

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Modélisation
chez un animal
à $2n=4$



Ploïdie ?
Quantité d'ADN ?

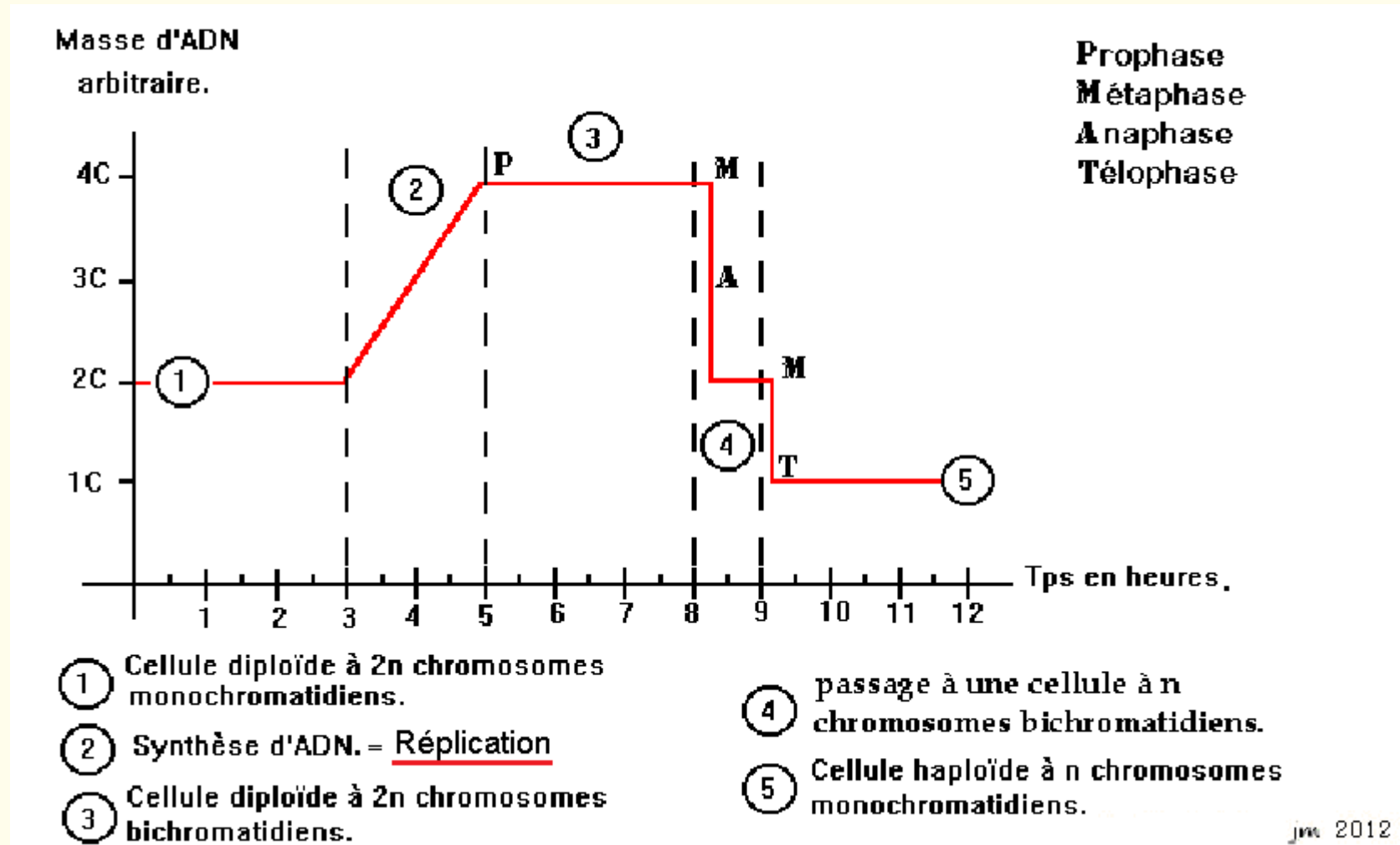
Exercice intégré:
(Discussion critique)
Pour chacune des images
Belin 2012 Doc1p20 ou
document distribué
trouver des arguments
permettant de reconnaître
le stade de la division.

La deuxième division sépare les chromatides sœurs.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique



Méiose = succession de deux divisions cellulaires précédée comme toute division d'un doublement de la quantité d'ADN (réplication).

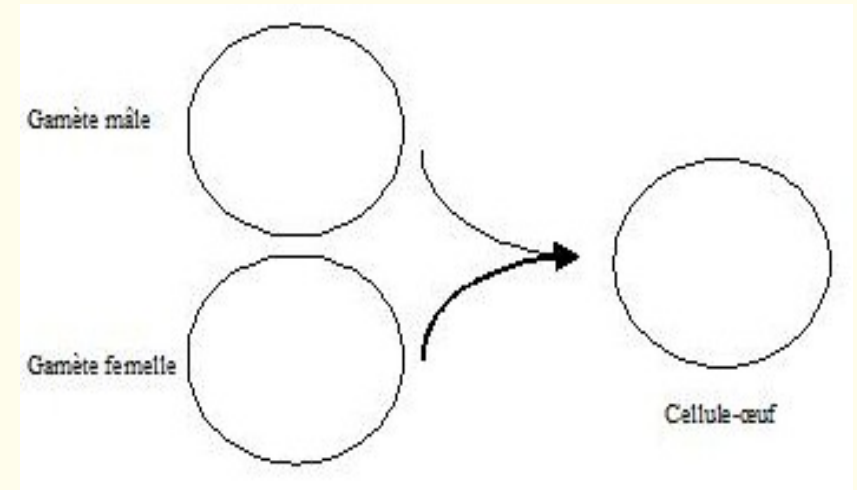
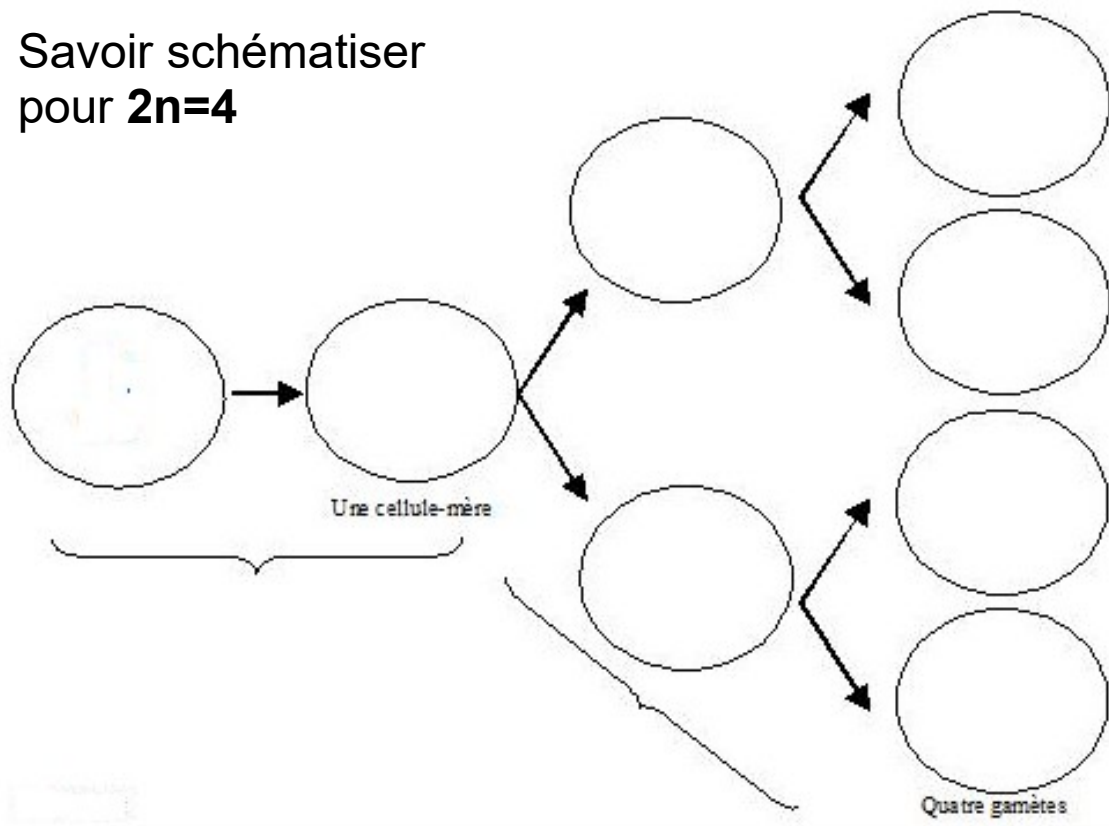
Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

La méiose produit quatre cellules haploïdes à partir d'une cellule diploïde.
Une migration aléatoire des chromosomes homologues en 1ère division de méiose ?
La fécondation réunit au hasard les gamètes ?

Savoir schématiser
pour $2n=4$



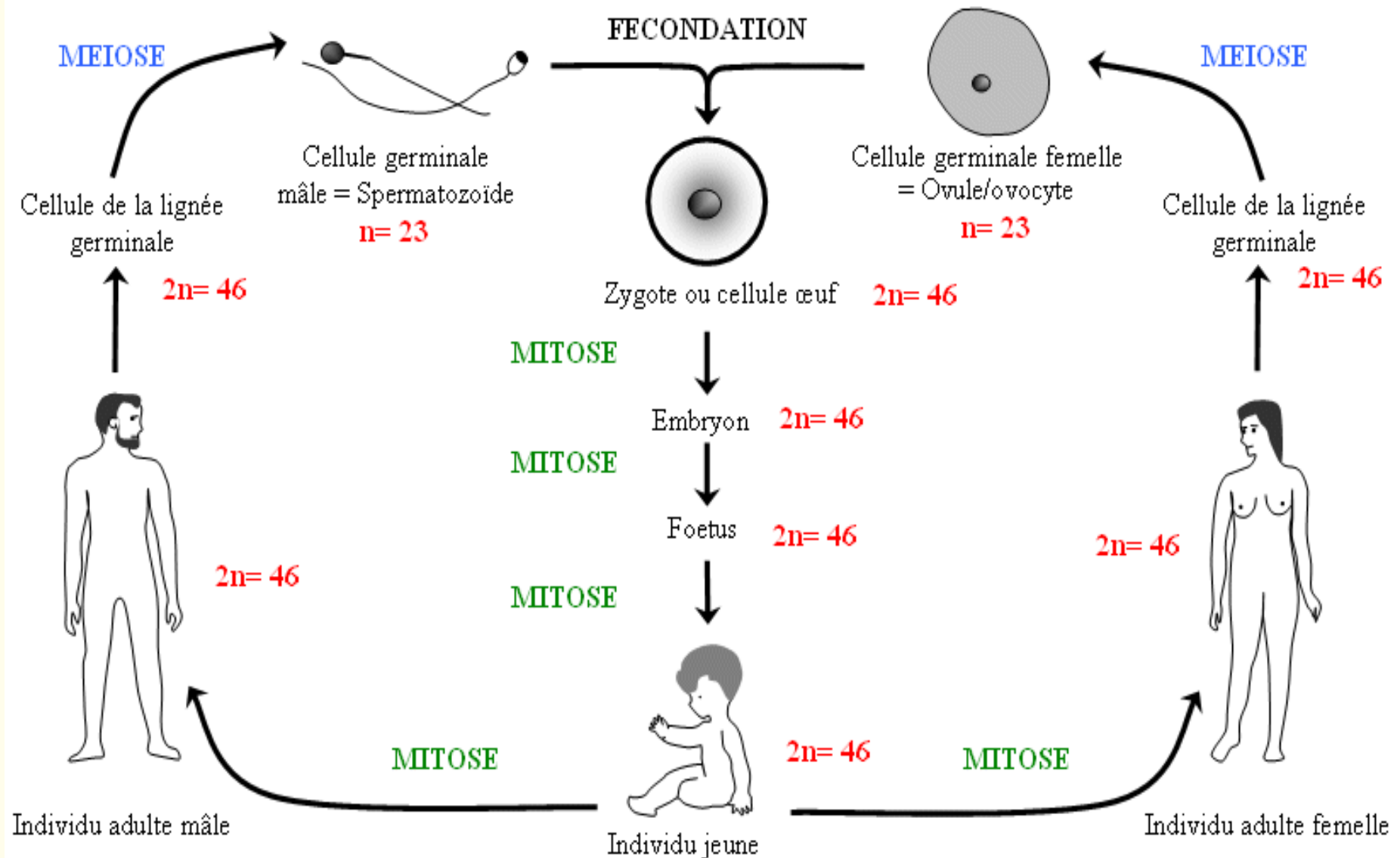
Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

jm d'après Bellepierre, 2012

Le cycle de développement d'un mammifère, l'Homme.



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Diversité?

Une migration aléatoire des chromosomes homologues en 1ère division de méiose ?
La fécondation réunit au hasard les gamètes?



Calcul de la diversité possible des zygotes sous ses 2 hypothèses et l'hypothèse de l'existence d'au moins 1 locus hétérozygote par chromosome participant à la fécondation:

2^{23} gamètes ♂

2^{23} gamètes ♀

Nb de zygotes # possibles =

$$2^{23} \times 2^{23} =$$

$$8 \text{ millions} \times 8 \text{ millions} =$$

$$64 \times 10^{12} =$$

64 mille milliards

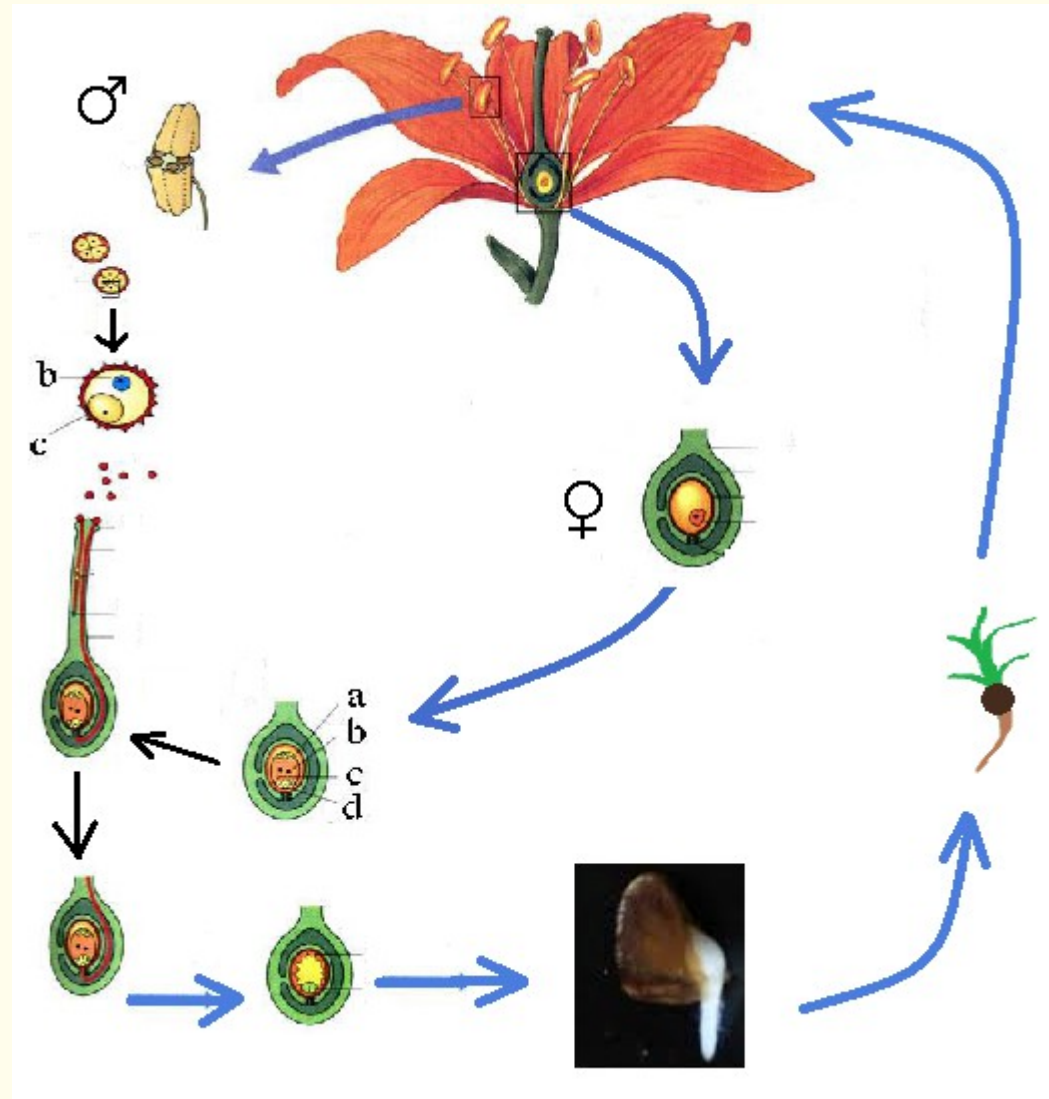
Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Méiose? (m)

Fécondation? (f)



Nouvel organisme
Plante vivace
Diploïde $2n = 24$

Cycle de développement du Lys

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Schéma d'une fécondation

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

La méiose produit quatre cellules haploïdes à partir d'une cellule diploïde.

La fécondation réunit 2 cellules haploïdes et produit une cellule œuf diploïde.

Le caryotype caractéristique de l'espèce est conservé lors de la reproduction sexuée.

Diversité?

Une migration aléatoire des chromosomes homologues en 1ère division de méiose ?

La fécondation réunit au hasard les gamètes?

Comment vérifier expérimentalement ce double hasard?

Rappels: Allèle dominant, allèle récessif, homozygote, hétérozygote

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

Diversité?

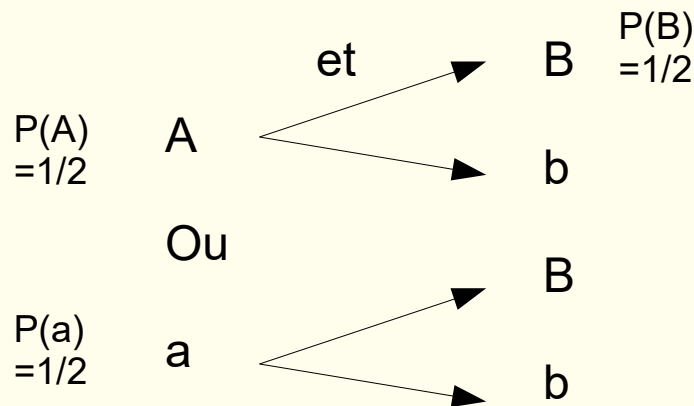
- 1 Une migration aléatoire des chromosomes homologues en 1ère division de méiose ?
- 2 La fécondation réunit au hasard les gamètes ?

Comment vérifier expérimentalement ce double hasard ?

Conséquences prévisibles avec $2n=4$, 2 gènes indépendants, 2 allèles par gène: (A//a,B//b)

1- migration aléatoire

Gamétogenèse - Arbre de probabilité



Fécondation
(A//a,B//b) X (a//a,b//b)

Échiquier

2- Fécondation aléatoire

Fécondation
(A//a,B//b) X (A//a,B//b)

Échiquier

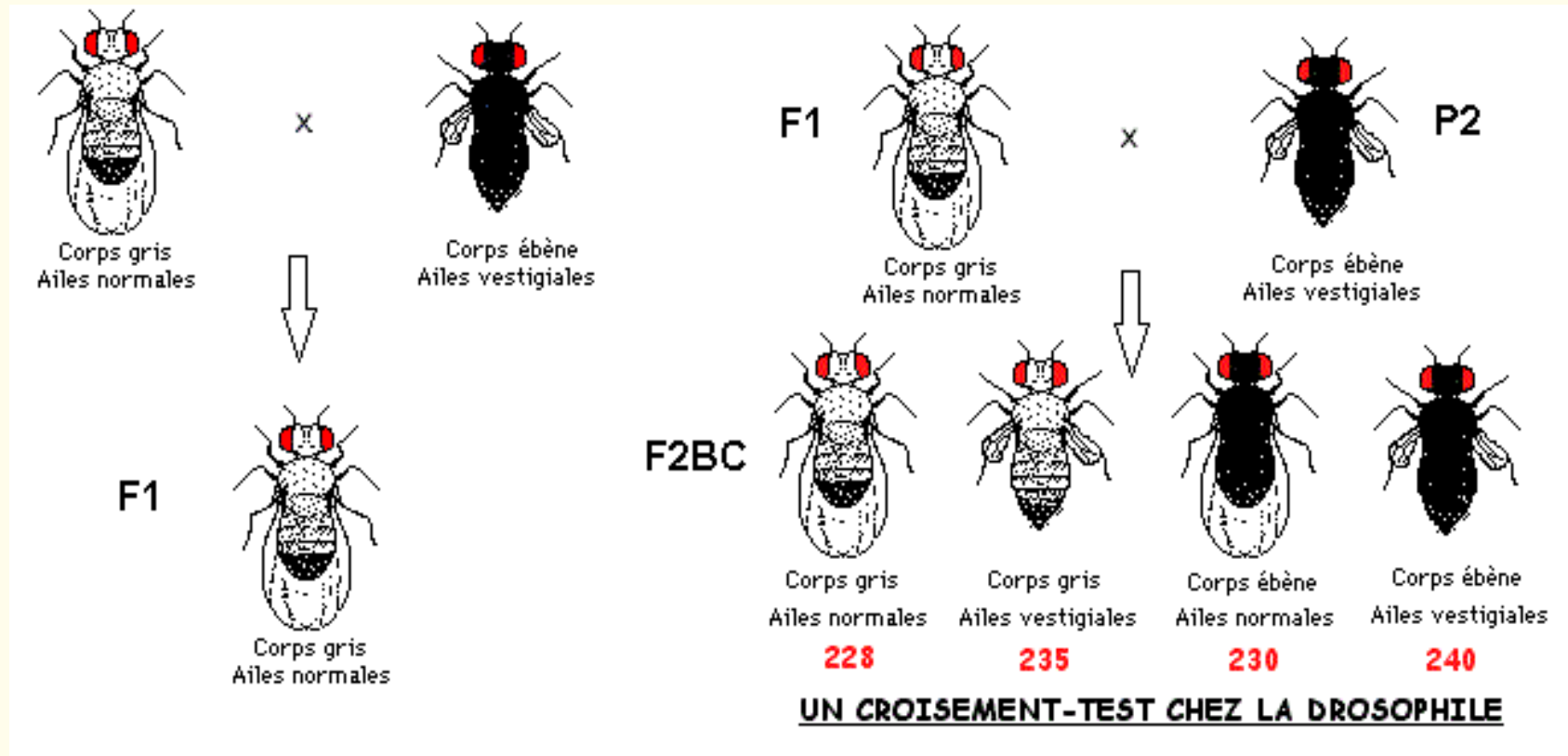
Rappels: Allèle dominant, allèle récessif, homozygote, hétérozygote

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-a Le brassage interchromosomique



Les phénotypes issus du croisement test sont **équiprobables**!

Les chromosomes subissent un brassage interchromosomique résultant de la migration aléatoire des chromosomes homologues lors de la 1ère division de méiose. Une très grande diversité de gamètes est ainsi produite.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-b Le hasard de la fécondation

Un échiquier de croisement

Au cours de la fécondation, un gamète mâle et un gamète femelle s'unissent : leur fusion conduit à un zygote. La diversité génétique potentielle des zygotes est immense.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-c Bilan du brassage interchromosomique et de la fécondation

Pratique du test de Chi²

On ne peut pas rejeter les hypothèses donc on accepte que:

La disjonction des chromosomes homologues en AnI est aléatoire

La fécondation réunit les gamètes de manière aléatoire

La viabilité des zygotes est équiprobable

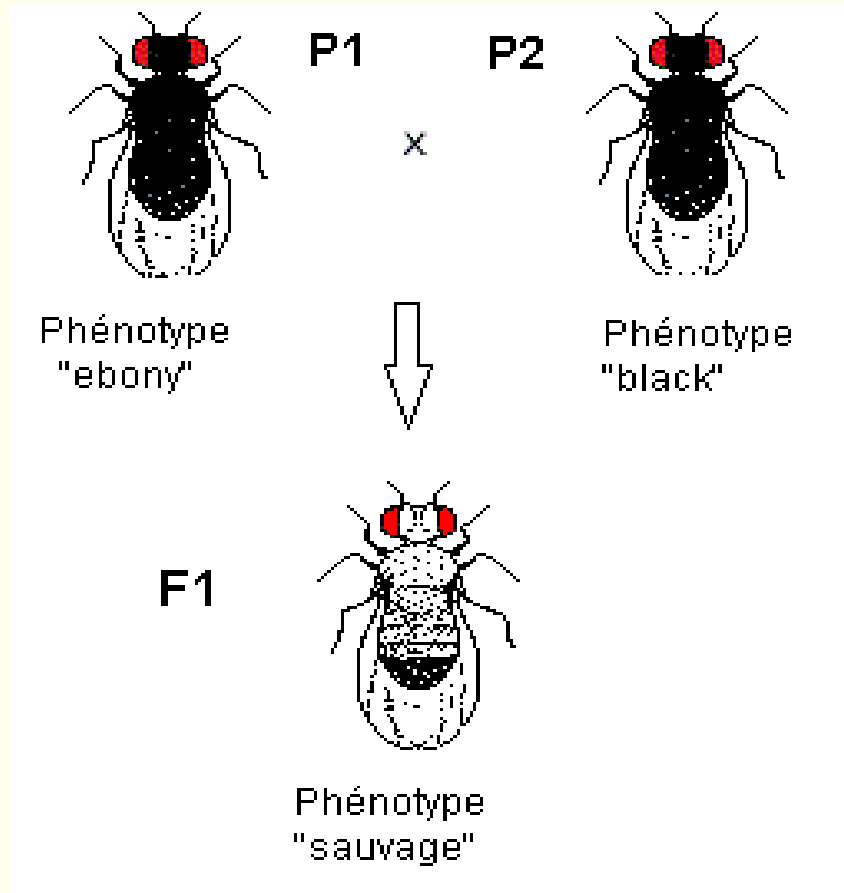
Méiose et fécondation brassent donc l'information génétique.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-d Le brassage intrachromosomique



Les 2 parents sont de lignées pures

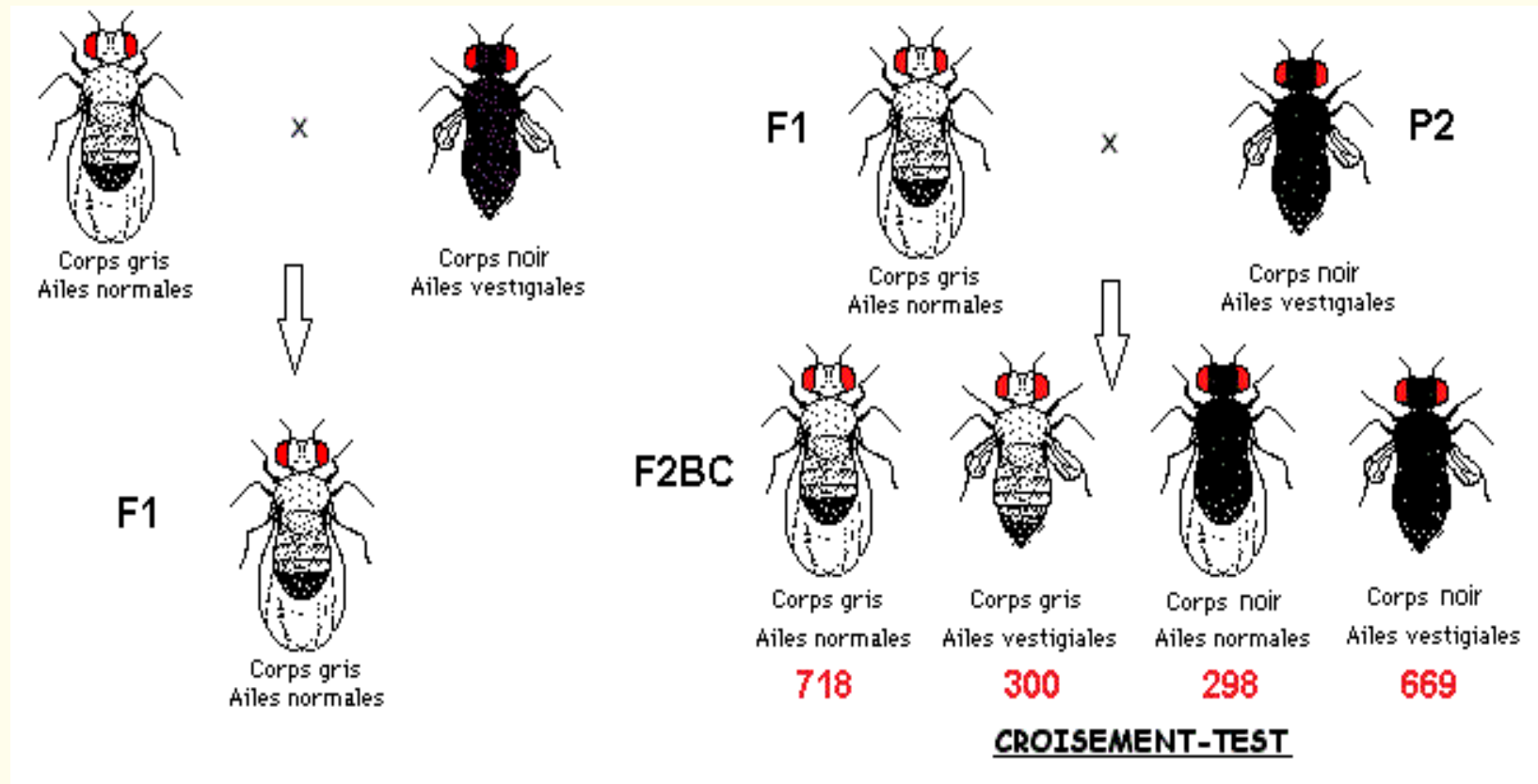
Comment expliquer ce résultat?

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-d Le brassage intrachromosomique



Les phénotypes issus du croisement test ne sont **pas équiprobables**!

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-d Le brassage intrachromosomique

Les phénotypes issus du croisement test ne sont **pas équiprobables**!

Explication
Cytologique :

le **crossing over**

=

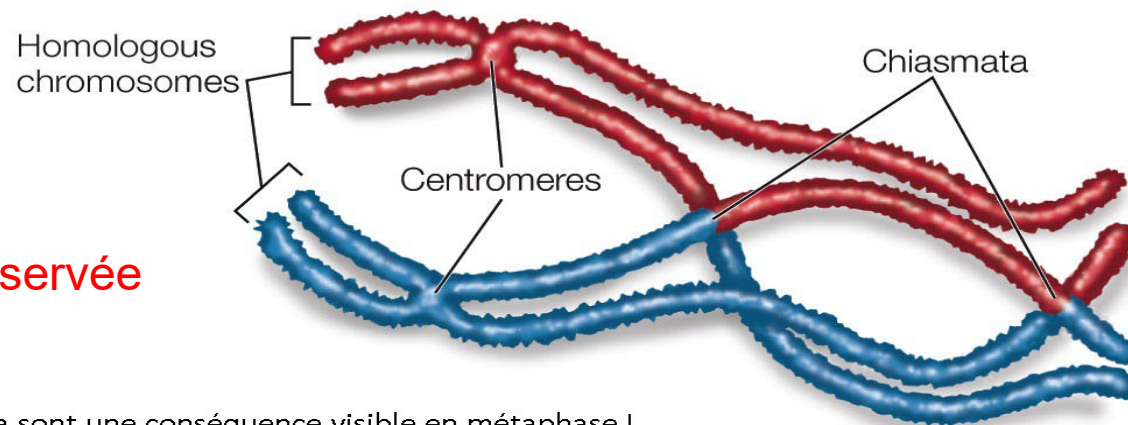
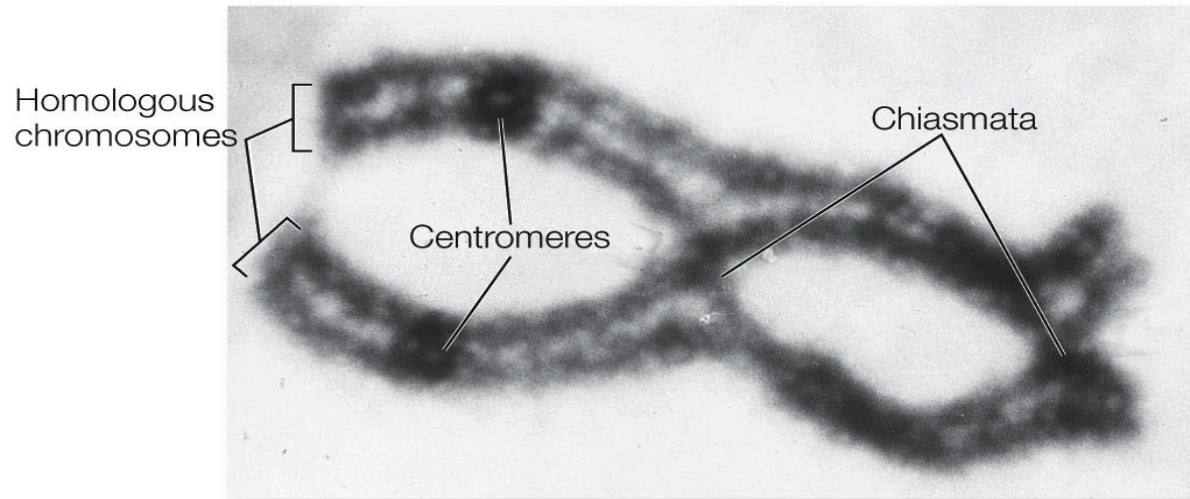
Recombinaison
rare mais
constante

=>

Une mesure de la
distance entre
gènes (loci).

CO => réaction biochimique

Chiasma = conséquence observée



Les chiasmata sont une conséquence visible en métaphase I
des recombinaisons intrachromosomiques (Crossing Over)
qui ont eu lieu en prophase I.

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-e Bilan chronologique des brassages

Brassage intrachromosomique en Prophase I

Au cours de la méiose, des échanges de fragments de chromatides (crossing-over ou enjambement) se produisent entre chromosomes homologues d'une même paire.

Les chromosomes sont remaniés. Ils présentent une nouvelle collection d'allèles.

Brassage interchromosomique en métaphase I – Anaphase I

Les chromosomes ainsi remaniés subissent un brassage interchromosomique résultant de la migration aléatoire des chromosomes homologues lors de la 1ère division de méiose.

Une diversité potentiellement infinie de gamètes est ainsi produite.

+ fécondation

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

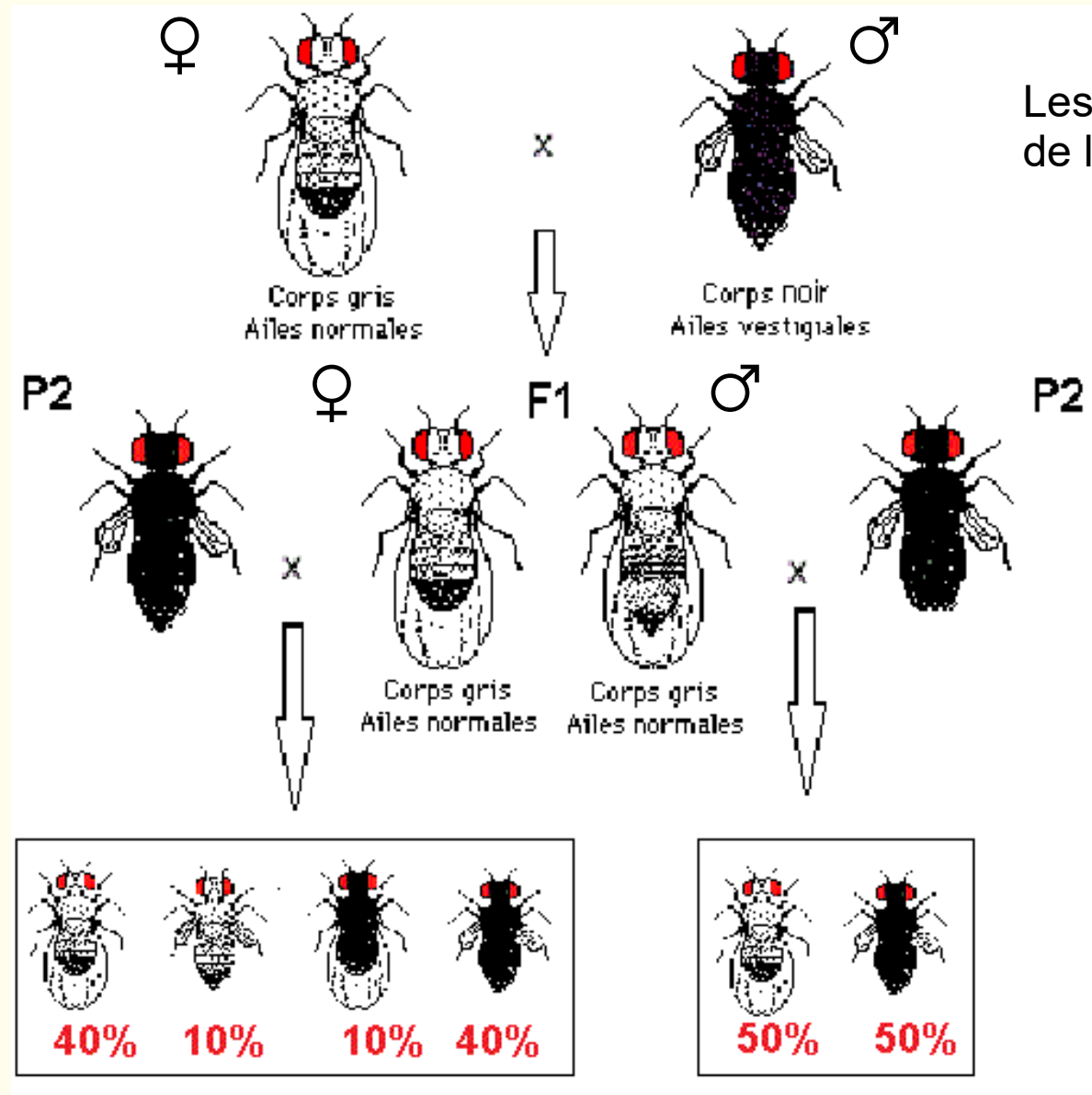
Exercice

Un cas
Très particulier
Très classique

Tous les individus
sont diploïdes

Gènes impliqués =
vg b

Comment expliquer
Les résultats des
croisements test?



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de méïose ou de fécondation

Des anomalies peuvent survenir lors de la méïose et de la fécondation.

Un mouvement anormal de chromosomes produit une cellule présentant un nombre inhabituel de chromosomes.

Cause des trisomies – cf TP4

- Anomalie en AnI - non séparation des homologues ou – migration et fission
- Anomalie en AnII - fission mais migration dans la même cellule

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de méiose ou de fécondation

Un crossing-over inégal aboutit parfois à une duplication de gène.

Origine des familles multigéniques

Savoir schématiser un CO inégal

Trisomie 21 symptomatique sans anomalie visible du caryotype
XX → caractères mâles

Exercice: **hormones hypophysaires**

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de méiose ou de fécondation

Génome du peuplier

Fonction (du transcrit primaire ou du + homologue)	K8-init	K8-fin	K10-init	K10-fin	% homolog

Phosphokinase AMP activée	1589152	1595269	21354649	21360620	88,0
RNA binding prot	1689251	1694085	21247118	21251767	87,7
RNA recognition prot Zn Knuckle Alternative splicing	1828127	1833099	21130248	21135327	87,8
Prot membranaire GTPase	1985348	1989437	20970318	20974110	99,0
Phenylalanine amonia-lyase (EC.4.3.1.24)	2123928	2128275	20815419	20819184	95,8
STEROIDOGENIC ACUTE REGULATORY unknown function	2174612	2181233	20762071	20768352	91,1
phosphoglucomutase	2221194	2227042	20715626	20721827	92,8
Serine carboxypeptidase	2374912	2380551	20549972	20556675	97,2
FALZ RELATED BROMODOMAIN CONTAINING PROTEINS	2454322	2459939	20486062	20489143	90,1
ATP synthase EC:3.6.3.14 H+ transporting 2 sector ATPase	2499448	2502887	20424359	20427553	97,6
Aminopeptidase Zinc metalloprotease EC:3.3.2.6	2678167	2681506	20275469	20278745	94,9
ATP binding cassette transporter	2822390	2825119	20145892	20148210	87,0
Glutathione S transferase	2907198	2911076	20012495	20017301	93,9
Bilan					
Longueur du fragment étudié sur chaque K nb de nucléotides	1321924	*	-1337348	*	
Homologie moyenne de transcrits					92,53

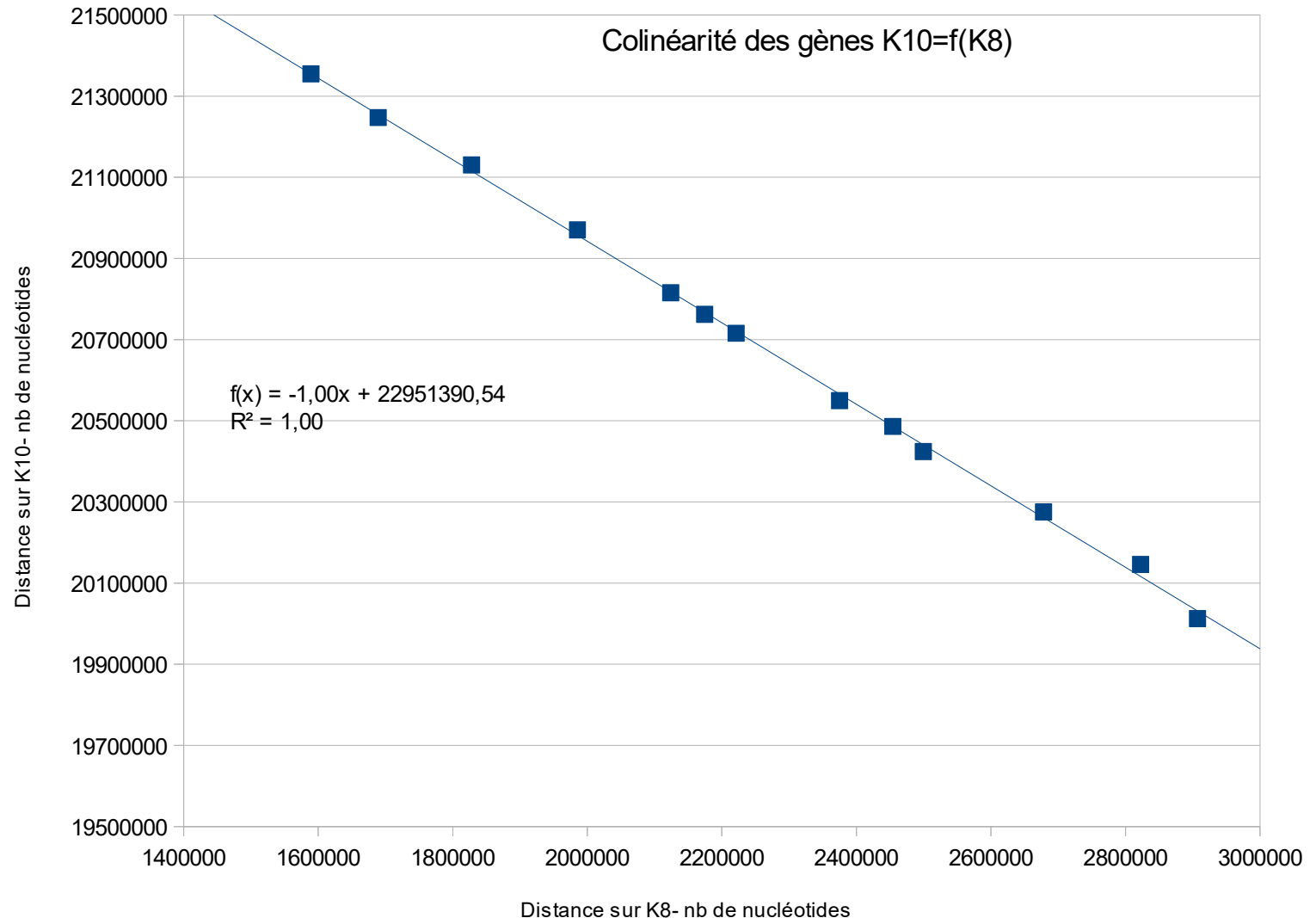
Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de méiose ou de fécondation

Génome
du peuplier



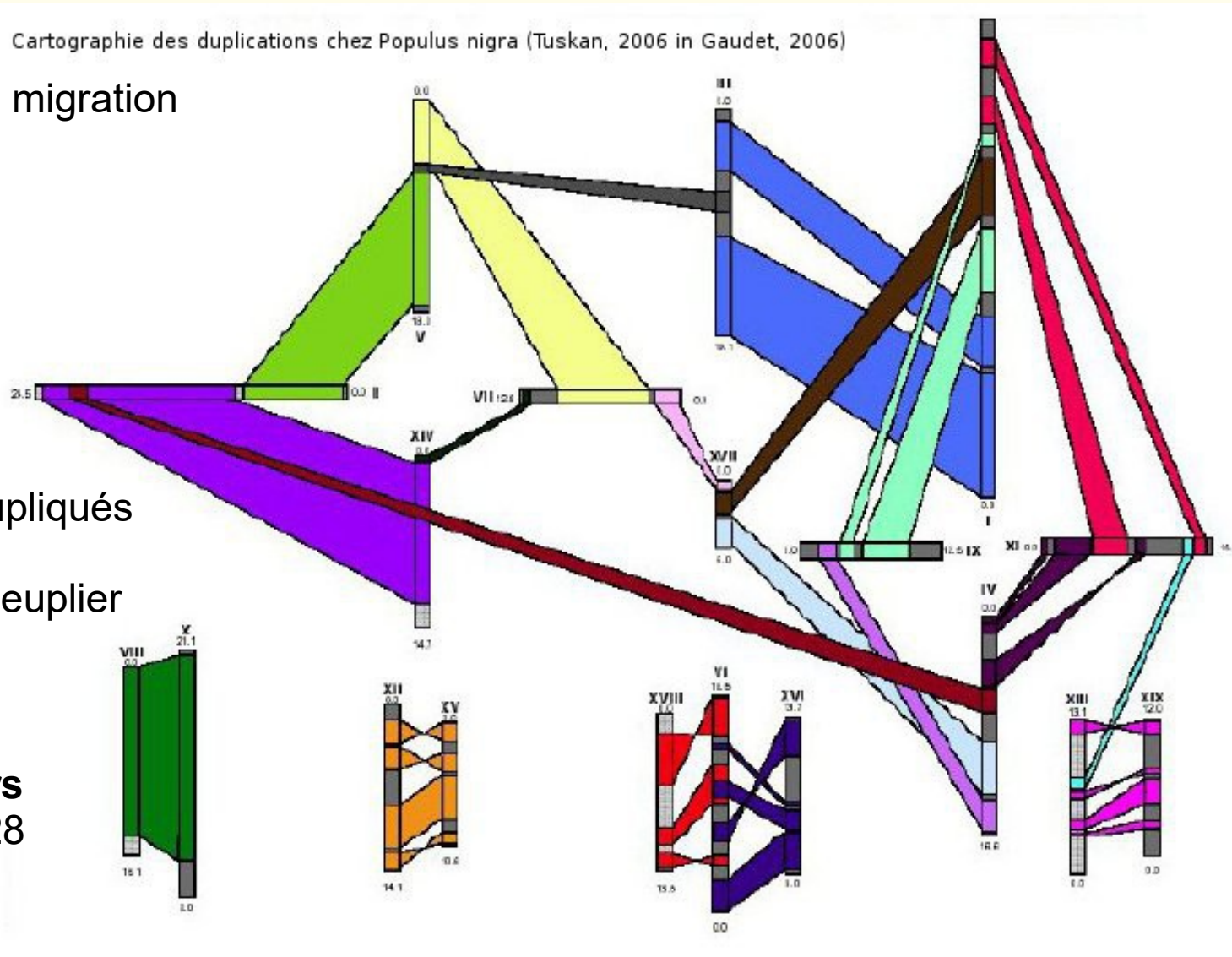
(Apache Open Office 3)

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de méiose ou de fécondation



**Gènes
organiseurs**
Belin 2012 p28
Doc2

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

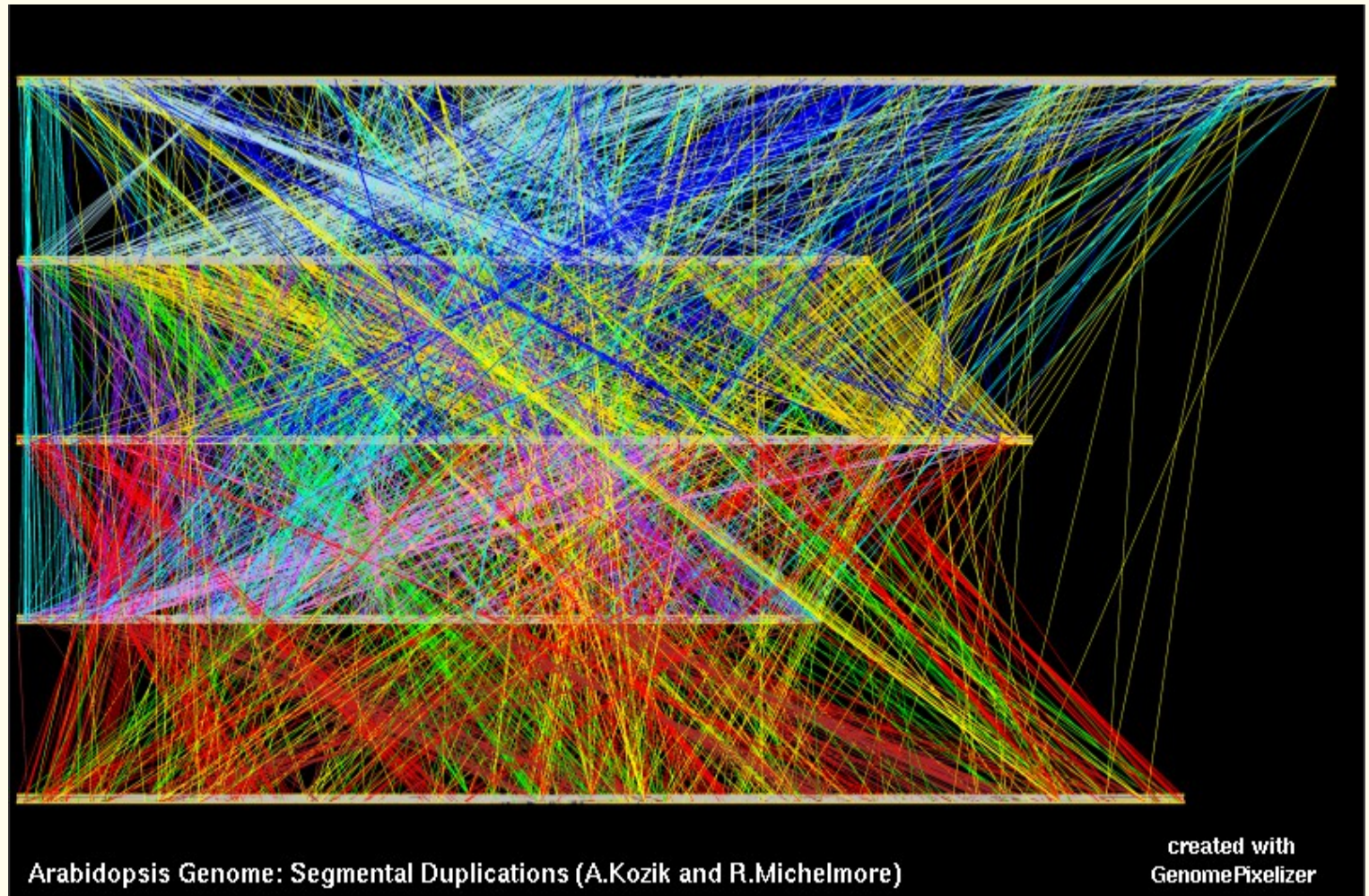
T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de méiose ou de fécondation

Un crossing-over inégal aboutit parfois à une duplication de gène.
Origine des familles multigéniques

Fragments
dupliqués
/ Génome
d'Arabidopsis

Homme 38%
des gènes sont
dupliqués



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de la méiose ou de la fécondation

Ces mécanismes, souvent sources de troubles, sont aussi parfois sources de diversification du vivant (par exemple à l'origine des familles multigéniques) ou de l'apparition de nouvelles espèces.

Duplications

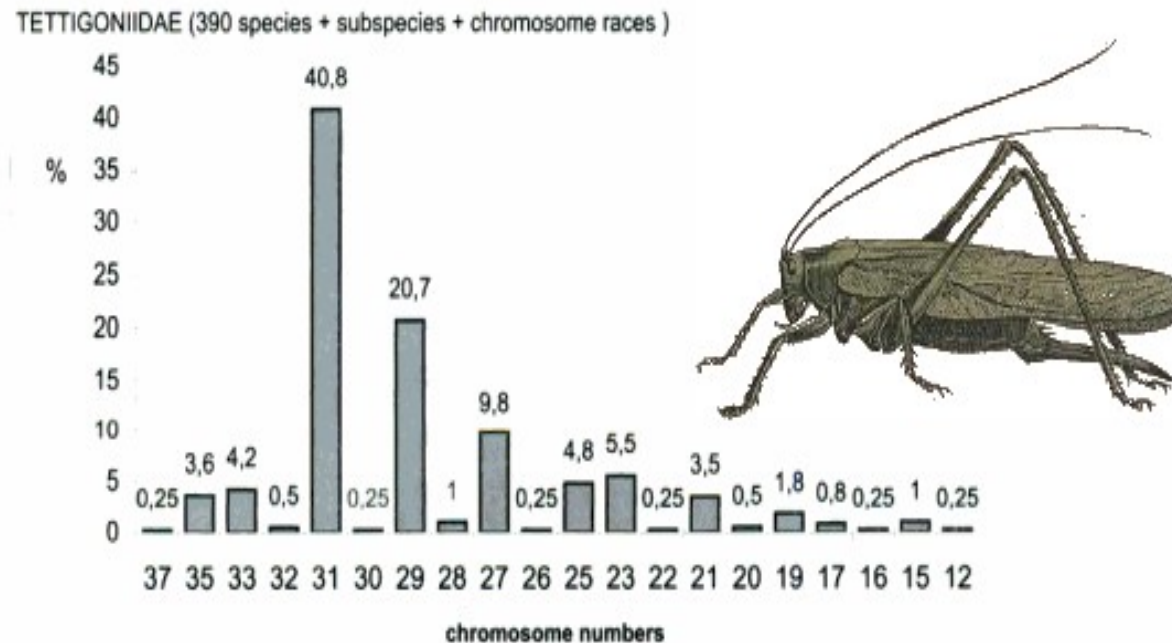


Fig. 3. Histogram showing the frequency distribution of male diploid chromosome numbers in Tettigoniidae (in % of total number of species).

jm

Folia biologica Vol 46 n°3-4

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de méïose ou de fécondation

Des anomalies peuvent survenir lors de la fécondation.

Allopolyploïdisation

Autopolyploïdisation

Elles sont elles aussi source de diversification.

L'évolution cytogénétique s'apparente à un “bricolage”

Savoir schématiser allopolyploïdisation

Exercice: *Poa vivipara*, spartine

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

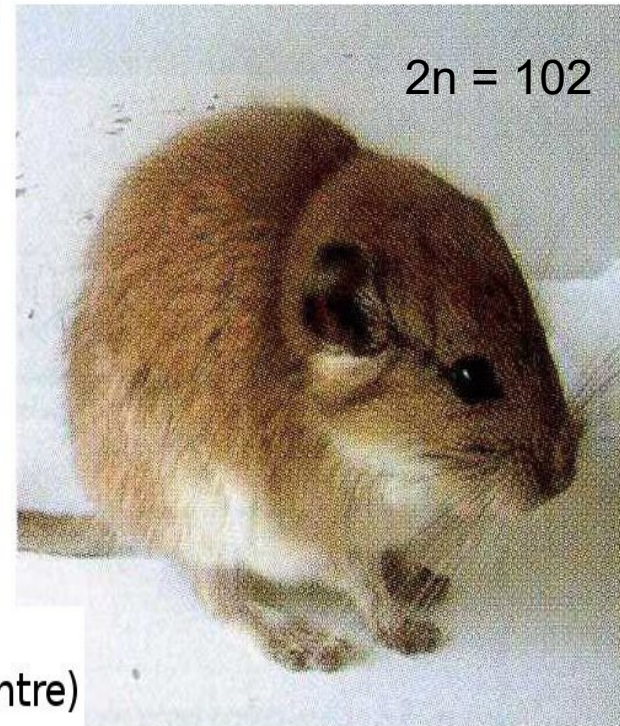
T1-A1/5-f Anomalies de la méiose ou de la fécondation

Ces mécanismes, souvent sources de troubles, sont aussi parfois sources de diversification du vivant (par exemple à l'origine des familles multigéniques) ou de l'apparition de nouvelles espèces.

Polyploïdisation
et
spéciation

Nb d'événements de polyploïdisation	Nb d'espèces connues
Insectes 91	1 000 000
Poissons 50	30 000
Amphibiens 30	-
Reptiles 16	10 000
Oiseaux 0	10 000
Mammifères 2*	5 000

* Chez les mammifères, la polyploïdie n'est connue que chez le rat-viscache (ci-contre)



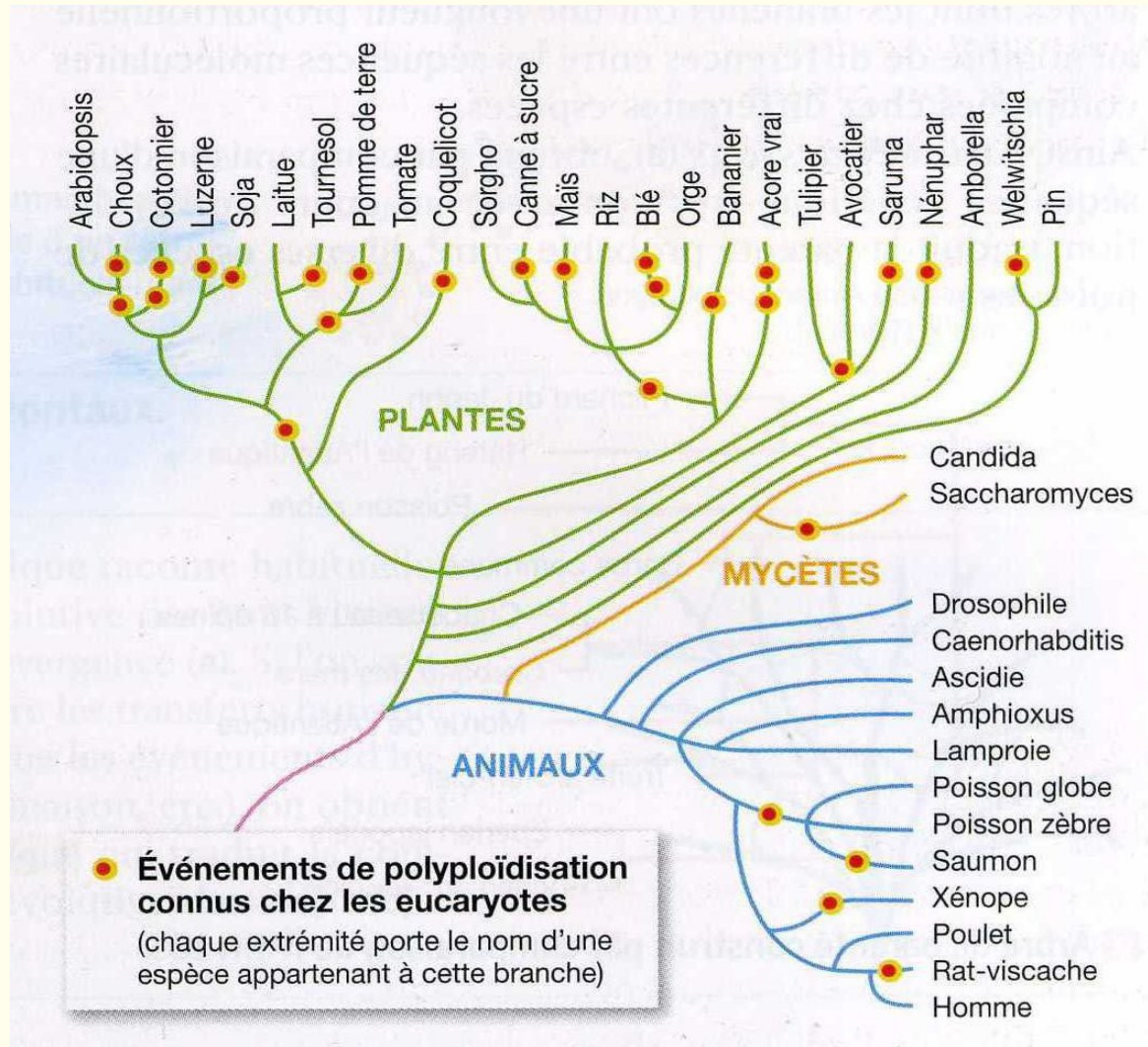
Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de la méiose ou de la fécondation

Polyploïdisation et spéciation



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

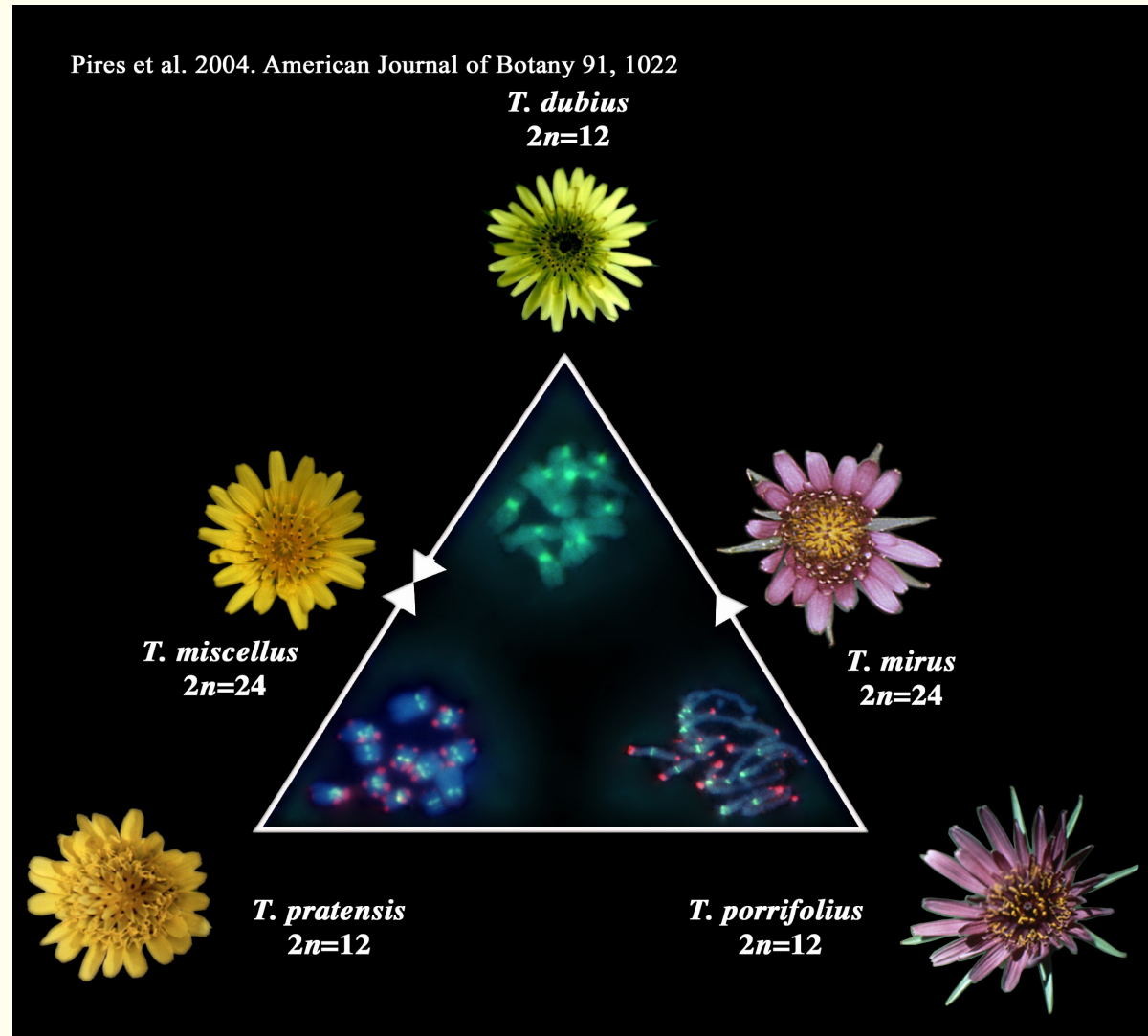
T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1/5-f Anomalies de la méiose ou de la fécondation

Allopolyploïdisation et spéciation

Un complexe d'espèces de salsifis.

Les flèches indiquent l'origine du cytoplasme de l'allopolyploïde donc l'origine maternelle.



Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1 Bilan

Au cours de la fécondation, un gamète mâle et un gamète femelle s'unissent : leur fusion conduit à un zygote.

La diversité génétique potentielle des zygotes liée aux hasards des brassages et de la fécondation est immense.

Chaque zygote contient une combinaison unique et nouvelle d'allèles.

Seule une fraction de ces zygotes est viable et se développe.

Remarque: si la léthalité des zygote est aléatoire i.e. Si elle ne dépend pas (trop) du génotype de l'œuf cela ne modifie pas les fréquences des phénotypes issus de recombinaison.

Des anomalies de méiose ou de fécondation, souvent sources de troubles, sont aussi parfois sources de diversification du vivant (par exemple à l'origine des familles multigéniques) ou de l'apparition de nouvelles espèces.

Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

T1-A Génétique et évolution

T1-A1/5 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique

T1-A1 FIN

Problème?

