

SCIENCE S DE
LA VIE ET
DE LA TERRE

SVT

PREMIÈRE S
TERMINALE S

PROGRAMME
2014

Tâches complexes

COORDONNÉ PAR
PATRICK DEMOUGEOT
LOÏC MATHON



Directeur de publication

Jean-Marc Merriaux

Directrice de l'édition transmédia et de la pédagogie

Michèle Briziou

Directeur artistique

Samuel Baluret

Coordination éditoriale

Fabien Nguyen

Secrétariat d'édition

Lauriane Cornet

Mise en pages

Dominique Perrin

Conception graphique

DES SIGNES studio Muchir et Desclouds

Photographie de couverture

© Christian Bisbo Johnsen

ISSN : 2425-9861

ISBN : 978-2-86629-532-5

© Réseau Canopé 2016

[établissement public à caractère administratif]

Téléport 1 – Bât. @ 4

1, avenue du Futuroscope

CS 80158

86961 Futuroscope Cedex

Remerciements

Nous remercions vivement tous les détenteurs des droits qui nous ont accordé l'autorisation de reproduire les documents présents dans cet ouvrage et notamment :

Michel Corsini, professeur d'université, Université de Nice - Sophia Antipolis

Philippe Vallée, principal, collège Jules-Romains, Nice

Philippe Galdi, enseignant de Sciences de la vie et de la Terre, Vallauris

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des articles L.122-4 et L.122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite ».

Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris) constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

5	Préface
7	Introduction

INTRODUCTION

9	A I D E À L A M I S E E N Œ U V R E D E S P R O G R A M M E S D E L Y C É E
11	Continuité avec l'ouvrage de la classe de seconde
17	Des pratiques innovantes
21	Des pratiques innovantes favorisant l'autonomie des élèves
25	La liaison avec l'enseignement supérieur
27	Tableaux récapitulatifs des compétences

PREMIÈRE S

31	S V T P R E M I È R E S
33	THÈME 1 : LA TERRE DANS L'UNIVERS, LA VIE, L'ÉVOLUTION DU VIVANT
34	1-A : Expression, stabilité et variation du patrimoine génétique <ul style="list-style-type: none">• Reproduction conforme de la cellule et réplication de l'ADN• L'expression du patrimoine génétique
47	1-B : La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle <ul style="list-style-type: none">• La naissance de l'idée• L'évolution du modèle : le renouvellement de la lithosphère océanique
63	THÈME 2 : ENJEUX PLANÉTAIRES CONTEMPORAINS
64	2-B : Nourrir l'humanité <ul style="list-style-type: none">• La production végétale : utilisation de la productivité primaire• Pratiques alimentaires collectives et perspectives globales
89	THÈME 3 : CORPS HUMAIN ET SANTÉ
90	3-A : Féminin, masculin <ul style="list-style-type: none">• Sexualité et procréation
95	3-B : Variation génétique et santé <ul style="list-style-type: none">• Perturbation du génome et cancérisation• Variation génétique bactérienne et résistance aux antibiotiques
102	3-C : De l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision <ul style="list-style-type: none">• Le cristallin, un organe impliqué dans la vision

109 THÈME 1 : LA TERRE DANS L'UNIVERS, LA VIE, L'ÉVOLUTION DU VIVANT**110 1-A : Génétique et évolution**

- Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique
- Diversification génétique et diversification des êtres vivants
- De la diversification des êtres vivants à l'évolution de la biodiversité
- Un regard sur l'évolution de l'Homme
- Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

159 1-B : Le domaine continental et sa dynamique

- La convergence lithosphérique : contexte de la formation des chaînes de montagnes
- Le magmatisme en zone de subduction : une production de nouveaux matériaux continentaux
- La disparition des reliefs

177 THÈME 2 : ENJEUX PLANÉTAIRES CONTEMPORAINS**178 2-A : Géothermie et propriétés thermiques de la Terre****179 2-B : La plante domestiquée**

185 THÈME 3 : CORPS HUMAIN ET SANTÉ**186 3-A : Le maintien de l'intégrité de l'organisme**

- La réaction inflammatoire, un exemple de réponse innée
- L'immunité adaptative, prolongement de l'immunité innée
- Le phénotype immunitaire au cours de la vie

208 3-B : Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse

- Le réflexe myotatique, un exemple de commande réflexe du muscle
- Activité utilisant l'électrostimulation (IRM) dans le cadre de la commande corticale du mouvement volontaire
- De la volonté au mouvement

225 ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ DE SVT**226 1-C : Énergie et cellule vivante****232 2-C : Atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l'avenir**

SVT première S

T

P

R

E

-

É

R

E

S

PREMIÈRE S

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

EXPRESSION, STABILITÉ ET VARIATION DU PATRIMOINE GÉNÉTIQUE

REPRODUCTION CONFORME DE LA CELLULE ET RÉPLICATION DE L'ADN

DURÉE : 2 H

NOTICE PÉDAGOGIQUE

SITUATION DE L'ACTIVITÉ DANS LE PROGRAMME

Connaissances - C3

Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique

Les chromosomes sont des structures constantes des cellules eucaryotes qui sont dans des états de condensation variables au cours du cycle cellulaire. En général, la division cellulaire est une reproduction conforme qui conserve toutes les caractéristiques du caryotype (nombre et morphologie des chromosomes).

Capacités - C3

Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique

► **Pratiquer une démarche scientifique et technologique, résoudre des problèmes** ► Rechercher, extraire et organiser l'information utile : être capable d'extraire d'un document les seules informations qui permettront de répondre au problème posé ► Réaliser, manipuler, calculer, appliquer des consignes : réaliser une préparation microscopique d'une extrémité d'ail à partir d'un protocole précis et réaliser des photographies de ce montage. ► Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté : rédiger une synthèse cohérente prenant en compte l'ensemble des informations saisies des documents ; réaliser une illustration pertinente à partir des supports proposés.

Capacités - C4

La maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication (B2i)

► **Créer, produire, traiter, exploiter des données** ► Organiser la composition du document, prévoir sa présentation en fonction de sa destination : construire, à l'aide d'un logiciel de traitement de texte, un tableau au sein duquel les différentes photographies réalisées seront insérées.

Attitudes - C7

► **Être capable de mobiliser ses ressources intellectuelles et physiques dans diverses situations**
► Être autonome dans son travail : savoir l'organiser, le planifier, l'anticiper et sélectionner des informations utiles.

PLACE DE L'ACTIVITÉ DANS LA PROGRESSION PÉDAGOGIQUE

L'activité proposée est la première séance de la classe de première consacrée au Thème 1 - *La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant*, Thème 1 - A *Expression, stabilité et variation du patrimoine génétique*, chapitre *Reproduction conforme de la cellule et réplication de l'ADN*. Cette séance s'appuie donc sur l'ensemble des connaissances de génétique construites en classe de troisième et de seconde.

En classe de **troisième**, les élèves ont travaillé plusieurs notions de génétique qui sont décrites ci-dessous :

– les chromosomes sont définis comme support de l'information génétique ; ils sont formés d'ADN ;

- un nombre anormal de chromosomes empêche le développement de l'embryon ou entraîne des caractères différents chez l'individu concerné;
- l'ADN est une molécule qui peut se pelotonner;
- les cellules de l'organisme, à l'exception des cellules reproductrices, possèdent la même information génétique que la cellule-œuf dont elles proviennent par divisions successives;
- la division d'une cellule:
 - est préparée par la copie de chacun de ses 46 chromosomes,
 - se caractérise par la séparation des chromosomes obtenus, chacune des deux cellules formées recevant 23 paires de chromosomes identiques à ceux de la cellule initiale.

En classe de **seconde**, la structure de la molécule d'ADN est mise en relation avec la nature du message codé; par l'étude de la transgénèse, l'ADN est défini comme un support universel de l'information génétique.

SITUATION DÉCLENCHANTE

Pour débiter l'activité, il est proposé aux élèves de lire un article permettant de replacer la division cellulaire dans un cadre général et de préciser les moments ou les tissus au sein desquels elle se déroule.

Renouvellement cellulaire chez l'Homme

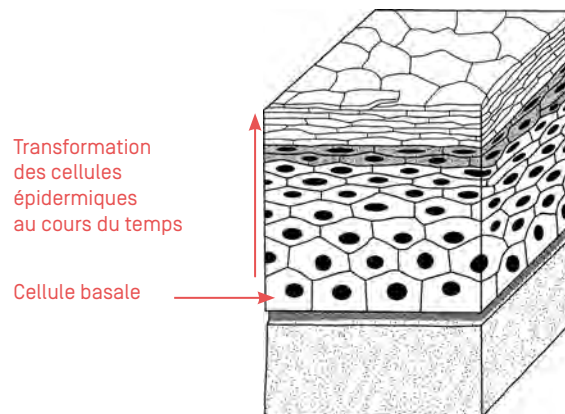
Cela ne se fait pas en un jour. Mais notre corps est en état de renouvellement permanent de notre naissance à notre mort. Il est en quelque sorte constamment remis à neuf. Pratiquement tous nos organes, tous nos tissus, toutes nos cellules vont être complètement renouvelées plusieurs fois, à une fréquence plus ou moins élevée en fonction des cellules. Ce qui fait qu'au bout du compte, l'immense majorité de nos cellules et de nos organes sont plus jeunes que nous. Seules exceptions à cette règle, les neurones et les cellules cardiaques où le renouvellement est très lent ou quasi inexistant.

Les cellules ont donc des durées de vie variables. Une cellule de peau a ainsi une durée de vie de 3 à 4 semaines avant d'être renouvelée. [...] Les kératinocytes, ou cellules de la peau, modifient leur apparence d'une couche à l'autre. Celles de la couche la plus profonde sont appelées cellules basales et sont généralement les seules à se diviser. Les cellules dont elles sont issues se transforment au cours du temps jusqu'à se desquamer c'est-à-dire qu'elles sont éliminées.¹

- Photographie de la structure de l'épiderme

Document visible sur Wikimedia commons - Fichier : [Epidermis-delimited.JPG](#)

- Schéma de la structure de l'épiderme



© Réseau Canopé 2015

¹ - D'après *Pourquoi change-t-on de corps tous les quinze ans ?* de Jean-Luc Nothias, Alberts et Co.

D'autres processus de division cellulaire peuvent être décrits au sein de l'organisme comme, par exemple, dans le cadre de la croissance de l'organisme ou au cours du développement embryonnaire (cf. vidéo *Le développement embryonnaire de la grenouille*, sur le site Youtube : fichier [JJ0wthLO1is](#)).

Quand on dit qu'une cellule se divise, ce n'est pas une réduction puisqu'en fait, elle double: une cellule en donne deux. L'ensemble des étapes conduisant à deux cellules est qualifié de cycle cellulaire.

Il découle de la lecture de cet article la problématique suivante:

Comment au cours d'un cycle cellulaire une cellule peut-elle donner deux cellules?

EXPLOITATION ET ATTENDUS

Le document 1 présente le principe et la technique mise en œuvre pour obtenir des racines d'ail en croissance. À l'aide de la fiche méthode, les élèves réalisent une préparation microscopique leur permettant de visualiser et photographier des cellules à différents stades du cycle cellulaire. Ce sont ces photographies qu'il sera nécessaire d'interpréter.

Le document 2 présente et décrit les grandes étapes et les différentes phases du cycle cellulaire. Sa lecture détaillée permet aux élèves de revenir sur les photographies réalisées pour identifier certaines phases du cycle cellulaire.

Le document 3 présente la structure d'un chromosome métaphasique et permet aux élèves de faire le lien entre chromosome et molécule d'ADN. Ce lien est indispensable pour pouvoir commencer à envisager des schémas d'interprétation corrects des phases du cycle cellulaire, de la mitose en particulier.

Le document 4 permet d'approfondir de préciser une notion, déjà abordée en troisième, de condensation/décondensation de la molécule d'ADN; il permet de faire le lien entre l'état décondensé de la molécule d'ADN en interphase et l'état condensé au cours de la mitose.

Un document complémentaire est proposé comme prolongation de l'activité. Il pourra, par exemple, être demandé aux élèves de reprendre ce graphique en représentant, pour chacune des phases l'état d'un chromosome – à une chromatide ou à deux chromatides / condensé ou décondensé.

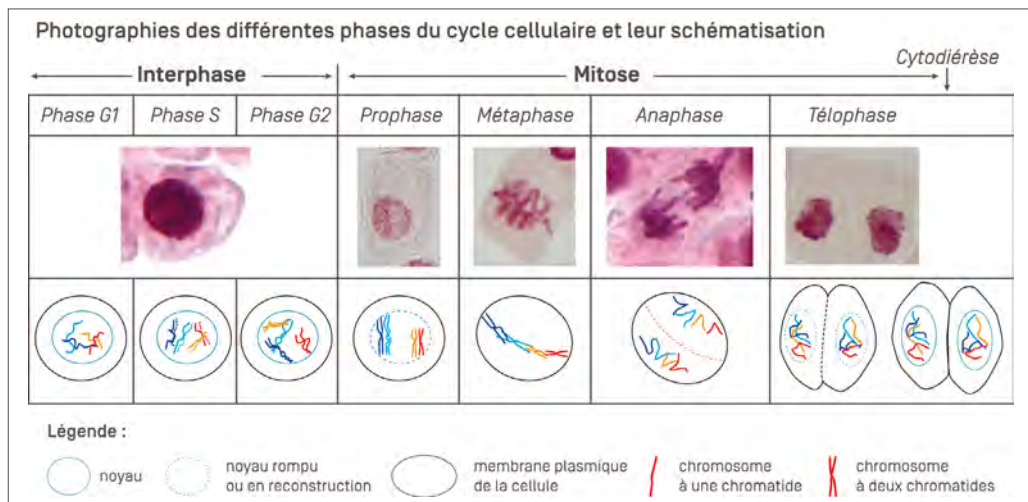
Résultats escomptés

Dans la réponse, il est d'abord demandé aux élèves de rédiger un texte définissant la notion de cycle cellulaire.

Dans ce texte, les mots-clés et les notions attendus sont les suivants:

- phase G1, phase S et phase G2 pour l'interphase;
- prophase, métaphase, anaphase, télophase pour la mitose;
- duplication de l'ADN au cours de l'interphase;
- répartition de l'ADN au cours de la mitose;
- maintien du caryotype caractéristique de l'espèce au cours d'un cycle cellulaire.

Une illustration possible est présentée ci-dessous :



© Réseau Canopé 2015

AIDES

Aide de connaissance 1 : elle est indispensable aux élèves pour réaliser les schémas d'interprétation des photographies, puisqu'en effet, elle permet de déterminer le nombre de chromosomes à représenter.

Aides de connaissance 2 et 3 : ces aides permettent de revenir sur des notions déjà acquises en troisième. Elles permettent une meilleure compréhension des phénomènes étudiés et constituent, pour les élèves curieux, un approfondissement possible.

Aides de savoir-faire

Ces aides ne sont normalement pas indispensables en première mais sont utiles pour les élèves en difficulté ou pour des élèves ne maîtrisant pas encore tous les savoir-faire mis en jeu dans cette activité. Les aides sont en téléchargement sur la page présentant l'ouvrage du site reseau-canope.fr.

Aide à la démarche de résolution 1 : c'est une aide à la compréhension du document 1.

Elle permet d'aborder via une vidéo, donc de façon plus dynamique, les différentes phases de la mitose.

Aide à la démarche de résolution 2 – Construction du tableau

Pour la construction du tableau, différentes aides peuvent être fournies en fonction des difficultés rencontrées par les élèves. Si l'aide s'adresse à toute la classe, elle peut être apportée sous la forme de diapositives projetées; ou si l'aide est individuelle, elle peut être proposée sous la forme de divers documents, construits à l'aide d'un logiciel de traitement de texte, contenant des tableaux plus ou moins complets. Cette aide peut également être utilisée pour imposer un rythme de travail à l'ensemble de la classe.

Aide à la démarche de résolution 3 – Réalisation de la préparation microscopique

Elle est fournie dans le cas où les élèves, après avoir essayé de réaliser la manipulation proposée, n'arrivent pas à obtenir une préparation microscopique de qualité ou si leur préparation ne permet pas l'observation de toutes les phases du cycle cellulaire. Elle consiste en la distribution d'une lame de secours.

Aide à la démarche de résolution 4 – Réalisation de photographies des différentes phases du cycle cellulaire

Cette aide n'est à consulter qu'après la réalisation de la préparation microscopique, de son observation au microscope optique et après avoir vérifié que tous les savoir-faire sont bien acquis. Un dossier contenant différentes prises de vues d'extrémités de racine d'ail colorées est alors mis à disposition des élèves.

Aide à la démarche de résolution 5 – Réalisation du schéma

Elle peut être fournie en plusieurs étapes :

- tout d'abord, une légende peut être fournie pour permettre aux élèves en difficulté de débiter leur schéma. Le choix peut être fait de distribuer, d'emblée, la légende de façon à uniformiser les productions ;
 - une prolongation de l'aide pourra être fournie en proposant aux élèves le schéma d'une cellule $2n = 4$. Cette aide est adressée aux élèves n'ayant pas su prendre en compte l'aide de connaissance 1 ;
 - enfin, pour les élèves les plus en difficulté, les schémas des différentes phases de la mitose peuvent être également présentés.
- Cette aide peut être également utilisée pour rythmer une séance au cours de laquelle les élèves ont pris du retard dans leur travail.

CONSEILS

L'activité proposée peut être réalisée en deux heures. Maintenant, il est possible d'aménager la durée en imposant certains aspects de la réponse dès le début de la séance comme le tableau à remplir ou la légende pour les schémas d'interprétation.

L'activité peut être proposée par binôme. L'objectif est de valoriser au maximum la manipulation tant du matériel biologique, du microscope que du logiciel de traitement de texte.

Dans cette activité, la notion de cytotièrese est avancée. Elle n'apparaît pas dans le bulletin officiel mais fait partie intégrante de la notion de division cellulaire. Elle est notée sur l'illustration proposée mais ne doit pas faire partie des notions exigées. De même, le fonctionnement du fuseau mitotique n'est pas évoqué car hors programme. Ce complément d'information pourra être donné à l'oral pour les élèves curieux ou ne comprenant pas comment les chromatides-sœurs se séparent.

FICHE LABORATOIRE

Attention, pour pouvoir réaliser cette activité, il est indispensable de préparer à l'avance le matériel biologique. Il est nécessaire d'immerger la base de bulbes d'oignon, d'ail ou d'échalote de façon à ce que le jour de la séance, les racines prélevées soient en pleine croissance. Attention, sur des bulbes placés depuis trop longtemps dans l'eau, il est plus difficile d'observer les différentes phases de la division cellulaire.

MATÉRIEL MIS À DISPOSITION

- un microscope
- des lames et des lamelles
- un flacon d'acide chlorhydrique
- un flacon d'orcéine
- un flacon d'acide acétique
- une pince fine
- des ciseaux fins
- un bulbe d'oignon ou d'ail présentant des racines en croissance
- une caméra permettant l'acquisition d'images
- un logiciel de traitement de texte

MOTS-CLÉS

Nouveaux : caryotype, cycle cellulaire, duplication, mitose, chromatide

Acquis à stabiliser (en physique) : chromosome, ADN, état de condensation de l'ADN, division cellulaire, copie, division cellulaire

DOCUMENTS PROPOSÉS

Document 1 - Croissance de racines de bulbes

Document 2 - Les étapes d'un cycle cellulaire

Document 3 - Schéma et photographie d'un chromosome métaphasique

Document 4 - État de condensation d'un chromosome

Document complémentaire - Évolution de la quantité d'ADN au cours d'un cycle cellulaire

PROPOSITION D'ÉVALUATION

COMPÉTENCE 3 ► Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique

► **Pratiquer une démarche scientifique et technologique, résoudre des problèmes**

- Rechercher, extraire et organiser l'information utile : vérifier dans le texte rédigé et dans l'illustration que les mots-clés et les notions importantes ont bien été saisis et compris.
- Réaliser, manipuler, calculer, appliquer des consignes : il est ici possible d'évaluer la qualité de la préparation microscopique, des photographies prises et le respect des consignes proposées.
- Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté : évaluer la qualité de la synthèse : cohérente, elle doit prendre en compte l'ensemble des informations saisies des documents. Il est également possible d'évaluer l'illustration construite par les élèves.

COMPÉTENCE 4 ► La maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication (B2i)

► **Créer, produire, traiter, exploiter des données**

Organiser la composition du document, prévoir sa présentation en fonction de sa destination : il est possible d'évaluer l'utilisation du logiciel de traitement de texte ayant permis la construction du tableau.

PROPOSITION D'ACTIVITÉ

CONSIGNE

À l'aide des documents proposés, définir la notion de cycle cellulaire (différentes phases du cycle et devenir de la quantité d'ADN). Votre réponse sera construite à l'aide d'un logiciel de traitement de texte et sera présentée sous la forme d'un court texte illustré.

L'illustration sera construite sous la forme d'un tableau comportant les étapes et les phases du cycle cellulaire. Pour chacune des phases, il est attendu une photographie réalisée par vos soins et son schéma d'interprétation.

Pour votre schéma, les cellules présenteront une formule chromosomique $2n = 4$.

MATÉRIEL MIS À DISPOSITION

- un microscope
- des lames et des lamelles
- un flacon d'acide chlorhydrique
- un flacon d'orcéine
- un flacon d'acide acétique
- une pince fine
- des ciseaux fins
- un bulbe d'oignon ou d'ail présentant des racines en croissance
- une caméra permettant l'acquisition d'images
- un logiciel de traitement de texte

ÉVALUATION

COMPÉTENCE 3

- ▶ LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES ET LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
- ▶ PRATIQUER UNE DÉMARCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE, RÉSOUDRE DES PROBLÈMES
- ▶ PRÉSENTER LA DÉMARCHE SUIVIE, LES RÉSULTATS OBTENUS, COMMUNIQUER À L'AIDE D'UN LANGAGE ADAPTÉ

– Vous avez construit, sur le logiciel de traitement de texte, un tableau avec le nom des étapes, des phases du cycle cellulaire. Pour chaque phase, une photographie, prise à partir de la préparation microscopique réalisée, a été insérée. À chaque photographie est associé un schéma d'interprétation. Les données consignées sont correctes et les conseils de méthode sont respectés : une légende est construite, un titre est donné et l'ensemble du travail est soigné.

– Vous avez construit, sur le logiciel de traitement de texte, un tableau avec le nom des étapes, des phases du cycle cellulaire. Pour chaque phase, une photographie, prise à partir de la préparation microscopique réalisée, a été insérée. À chaque photographie est associé un schéma d'interprétation. Les données consignées sont correctes mais les conseils de méthode ne sont pas respectés : une légende, un titre ne sont pas donnés et l'ensemble du travail manque de soin.

– Vous avez construit, sur le logiciel de traitement de texte, un tableau avec le nom des étapes, des phases du cycle cellulaire. Pour chaque phase, une photographie, prise à partir de la préparation microscopique réalisée, a été insérée. À chaque photographie est associé un schéma d'interprétation. Mais toutes les données consignées ne sont pas correctes : les schémas d'interprétation ne sont pas exacts, des confusions dans les différentes étapes apparaissent. De même, tous les conseils de méthode ne sont pas respectés : il peut manquer un titre et/ou une légende et l'ensemble du travail manque de soin.

– Vous avez construit, sur le logiciel de traitement de texte, un tableau qui ne rassemble pas le nom de toutes les étapes, de toutes les phases du cycle cellulaire. Les photographies insérées ne correspondent pas aux phases du cycle cellulaire. Les schémas d'interprétation sont incomplets, faux ou absents. Les conseils de méthode ne sont pas respectés : une légende, un titre manquent et le travail n'est pas soigné.

Vous
avez
réussi

Vous
devez
encore
progresser

SVT terminale S

T

T

E

R

-

N

A

L

E

S

TERMINALE S

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

GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION

L I G N É E S T R A N S G É N I Q U E S
 F L U O R E S C E N T E S C H E Z
 A R A B I D O P S I S T H A L I A N A

DURÉE : 2 H

NOTICE PÉDAGOGIQUE

SITUATION DE L'ACTIVITÉ DANS LE PROGRAMME

Connaissances - C3

► **Le vivant: unité d'organisation et diversité** ► **Fonctionnement des organismes vivants, évolution des espèces, organisation et fonctionnement du corps humain**

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 ainsi remaniés subissent un brassage interchromosomique résultant de la migration aléatoire des chromosomes homologues lors de la première division de méiose. Une diversité potentiellement infinie de gamètes est ainsi produite.

L'activité proposée présente un double avantage :

- étant donné que la génétique des haplontes est exclue du nouveau programme de terminale S (2012), la notion de brassage chromosomique doit désormais être abordée directement à partir de l'interprétation de test-cross chez les diplontes. Ce saut conceptuel n'est pas sans poser quelques difficultés chez les élèves. Aussi, la méthode utilisée ici, en permettant une visualisation directe et ludique des brassages alléliques au sein des gamètes diplontes, constitue en quelque sorte un substitut aux études sur *Sordaria* aujourd'hui hors-programme et assure une approche de difficulté progressive de la génétique des diplontes. La suite logique de cette activité pourrait donc être une étude de test-cross chez la drosophile ;
- par ailleurs, comme elle se base sur l'étude des gamètes des Angiospermes, elle peut aussi constituer une porte d'entrée pour la partie du programme traitant de la reproduction des plantes à fleur (Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution: l'exemple de la vie fixée chez les plantes).

Capacités - C3

► **Recenser, extraire et organiser l'information utile**

► **Raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale ou technologique, démontrer**

- raisonner avec rigueur sur les résultats expérimentaux des deux croisements afin d'en déduire le génotype de chaque type de grain de pollen ;
- questionner: soulever le problème posé par les résultats du croisement P3 x P4 au vu des conclusions tirées du croisement P1 x P2 ;
- formuler une hypothèse et la valider (émettre l'hypothèse d'échanges de matériel génétique entre chromatides et la valider à l'aide du document 8).

► **Communiquer dans un langage scientifiquement approprié:** construire un tableau, un schéma et un texte argumentatif structuré

Capacités - C4

► **S'approprier un environnement informatique de travail:** exploiter un logiciel pour dénombrer.

Attitudes - C5

► **Manifester sens de l'observation, curiosité, esprit critique**

PLACE DE L'ACTIVITÉ DANS LA PROGRESSION PÉDAGOGIQUE

En classe de **première S**, dans le thème 1-A *Expression, stabilité et variation du patrimoine génétique*, sous-thème *Reproduction conforme de la cellule et réplication de l'ADN*, les élèves ont abordé le cycle cellulaire et vu que la mitose permettait une transmission à l'identique du patrimoine génétique. Par ailleurs, ils ont découvert que des erreurs de réplication de l'ADN pouvaient être une première source de diversité génétique.

En classe de **terminale S**, avant la séance proposée ici, le déroulement de la méiose aura été étudié avec la mise en évidence d'une modification du caryotype due à la réduction du niveau de ploïdie.

L'objectif de la séance est de montrer que ce passage à l'état haploïde s'accompagne de réassortiments alléliques inter et intrachromosomiques, sources de brassage génétique.

La situation déclenchante peut s'articuler autour d'une comparaison de l'évolution du patrimoine génétique au cours de la mitose et de la méiose, en abordant successivement deux aspects :

- l'aspect quantitatif: comparer les caryotypes de deux cellules, l'une issue d'une mitose et l'autre d'une méiose. On en profite pour insister sur le fait que, lors d'une méiose, chaque cellule fille hérite d'un seul chromosome, paternel ou maternel de chaque paire ;
- l'aspect qualitatif: le maintien à l'identique du patrimoine génétique à l'issue d'une mitose est remobilisé à travers un schéma du cycle cellulaire, illustrant notamment la réplication conforme de l'ADN. Se pose alors la question de ce qu'il en est pour la méiose et plus précisément de la répartition entre les cellules-filles des chromosomes paternels et maternels de chaque paire.

La problématique peut alors être introduite par la question ci-après :

Au cours de la méiose, comment l'information génétique de la cellule mère est-elle distribuée entre ses quatre cellules filles, sachant que chacune de ces dernières n'hérite que d'un quart de du patrimoine génétique initial?

Remarque importante à propos de la recombinaison méiotique

La formation de crossing-overs entre chromatides non-sœurs de chromosomes appariés n'est pas l'exception mais la règle générale. Les généticiens parlent même de règle obligatoire du crossing-over. En d'autres termes, ce n'est pas l'appariement qui permet la recombinaison mais bien le contraire ! La recombinaison et donc les crossing-overs sont une condition nécessaire pour maintenir appariés les chromosomes homologues.

Par ailleurs, un crossing-over ne conduit que dans un cas sur deux à un échange effectif de matériel génétique entre les deux chromatides recombinés. À l'échelle moléculaire, ceci s'explique par le caractère aléatoire du brin d'ADN qui sera choisi comme modèle pour la réparation des mésappariements induits par la recombinaison. Ainsi, dans 50 % des cas, la recombinaison n'a aucune conséquence génétique. Si l'on considère deux gènes situés chacun à une extrémité d'un même chromosome, le taux de recombinaison se produisant entre ces deux loci concerne 100 % des cellules en méiose. Mais la moitié des recombinaisons ne laisseront pas de trace et le taux effectivement mesuré d'échange entre les deux chromatides sera de 50 %.

Pour être rigoureux, dès que nous symbolisons des chromosomes appariés, il serait donc nécessaire de dessiner un échange entre ces deux homologues. Libre à nous en revanche de placer cet échange entre ou à l'extérieur des gènes étudiés.

SITUATION DÉCLENCHANTE

Les documents 1 et 2 peuvent constituer des rappels sur les étapes et la finalité de la méiose contextualisées à *Arabidopsis thaliana*. Ils peuvent donc être proposés aux élèves dans le cadre de la situation déclenchante, afin de poser le problème biologique, mais également laissés aux élèves comme référence à l'interprétation des documents suivants.

EXPLOITATION ET ATTENDUS

Documents papier

Les élèves disposent de huit documents dont les deux premiers sont purement informatifs et ne requièrent aucune exploitation détaillée.

Le document 1 présente un schéma de l'organisation florale (afin de situer les organes reproducteurs mâles) ainsi qu'une coupe transversale d'anthère à deux stades de développement (afin d'y observer les grains de pollen en formation à partir des tétrades) chez *Arabidopsis thaliana*.

Remarque : étant donné leur forme tétraédrique, les tétrades polliniques ne présentent en coupe que trois grains de pollen sur les quatre qu'elles contiennent.

Le document 2 propose des clichés microscopiques des trois stades cellulaires successifs de la méiose. Ce document permet de remobiliser les acquis de la séance précédant cette activité.

Remarque 1 : le stade diade est absent chez des individus sauvages car il n'y a pas de cytotélière à l'issue de la première division de méiose. Ce stade ne s'observe que chez certains mutants (Crismani W., Mercier R. *Identifying meiotic mutants in Arabidopsis thaliana*, *Methods Mol Biol.* 2013; 990: 227-34. doi: 10.1007/978-1-62703-333-6_22 - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23559218>).

Remarque 2 : le stade tétrade pollinique est normalement fugace chez les individus sauvages car les composants pectiques qui maintiennent ensemble les quatre grains de pollen sont rapidement lysés. On utilise dans toute cette étude le mutant quartet, incapable de dégrader les composants pectiques, et dont les tétrades restent donc intactes. **Ce mutant permet d'analyser directement les produits d'une méiose** (Rhee S.Y., Somerville CR., *Tetrad pollen formation in quartet mutants of Arabidopsis thaliana is associated with persistence of pectic polysaccharides of the pollen mother cell wall*, *Plant J.* 1998 Jul; 15(1):79-88).

Le document 3 décrit les caractéristiques moléculaires des quatre lignées d'*Arabidopsis thaliana* qui seront croisées dans les documents suivants.

Le document 4 présente une population représentative des tétrades produites dans un sac pollinique de la F1 issue du croisement de deux lignées P1 et P2. Les élèves devront identifier et dénombrer les deux phénotypes présents.

Le document 5 est un cercle chromatique permettant d'interpréter le phénotype jaune comme la superposition du vert et du rouge.

Le document 6 est un schéma interprétatif muet du croisement présenté au document 4.

Le document 7 est construit sur le même principe que le document 4, mais les deux lignées parentales sont P3 et P4.

Le document 8 est un cliché au MET de chiasmas entre chromosomes homologues appariés au cours de la prophase I de méiose. Il sera utile pour interpréter la présence des tétrades recombinées sur le document 7.

Images au format jpeg à exploiter avec le logiciel Mesurim

Les documents 4 et 7 seront fournis aux élèves sous format .jpeg afin qu'ils puissent dénombrer les différents types de tétrades issues des deux croisements à l'aide du logiciel Mesurim.

La fonction « Compter » du logiciel révèle ici tout son intérêt car il s'agit de pointer les mêmes tétrades sur trois images différentes.

Utilisation attendue des élèves

Les documents 1 et 2 permettent de situer le lieu de survenue de la méiose mâle chez les végétaux et de comprendre qu'à chaque tétrade correspond une méiose donnant quatre grains de pollen.

Pour les croisements présentés dans les documents 4 et 7, la construction d'un tableau présentant les résultats des comptages (sous forme de pourcentages des deux types de tétrades) est attendue :

POURCENTAGE DES DIFFÉRENTS TYPES POLLINIQUES produits par la F du croisement P1 x P2	
Phénotypes des grains de pollen d'une tétrade	Pourcentages
[Jaune]-[Jaune]-[Noir]-[Noir]	52 %
[Rouge]-[Rouge]-[Vert]-[Vert]	48 %

POURCENTAGE DES DIFFÉRENTS TYPES POLLINIQUES produits par la F du croisement P3 x P4	
Phénotypes des grains de pollen d'une tétrade	Pourcentages
[Jaune]-[Jaune]-[Noir]-[Noir]	80 %

Le document 5 permet d'interpréter les grains de pollen jaunes comme porteurs des deux allèles r+ et v+.

À l'aide du document 3, le document 6 pourra alors être complété en symbolisant les chromosomes, en inscrivant les génotypes et en remplissant le tableau (cf. page 130 le document 6 corrigé).

La confrontation du document 3 et du tableau de résultats P3 x P4 conduira les élèves à faire émerger une contradiction entre la liaison des deux gènes étudiés et l'émergence des tétrades contenant des grains de pollens rouges et verts.

Le document 8 fournira une explication à cet apparent paradoxe et permettra alors de construire un schéma inspiré du document 6 mais appliqué au brassage intra-chromosomique (cf. page 131 le document intitulé « Schéma interprétatif du croisement P3 x P4 »).

Le texte explicatif d'accompagnement devra faire ressortir les deux mécanismes de brassage et expliquer que la diversité génétique induite par la méiose correspond à la production de nouvelles combinaisons d'allèles.

Schéma interprétatif corrigé du croisement P1 x P2 (document 7)

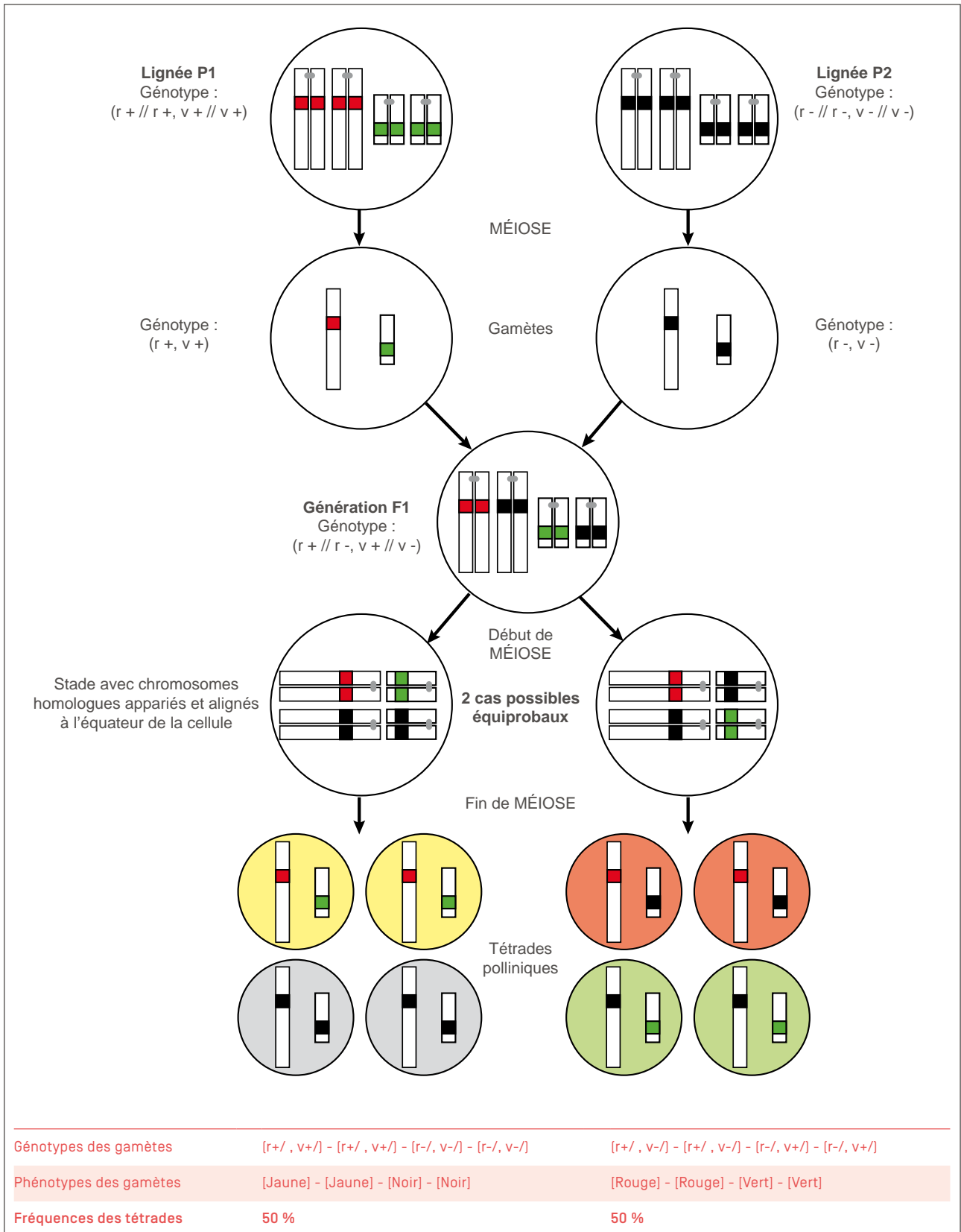
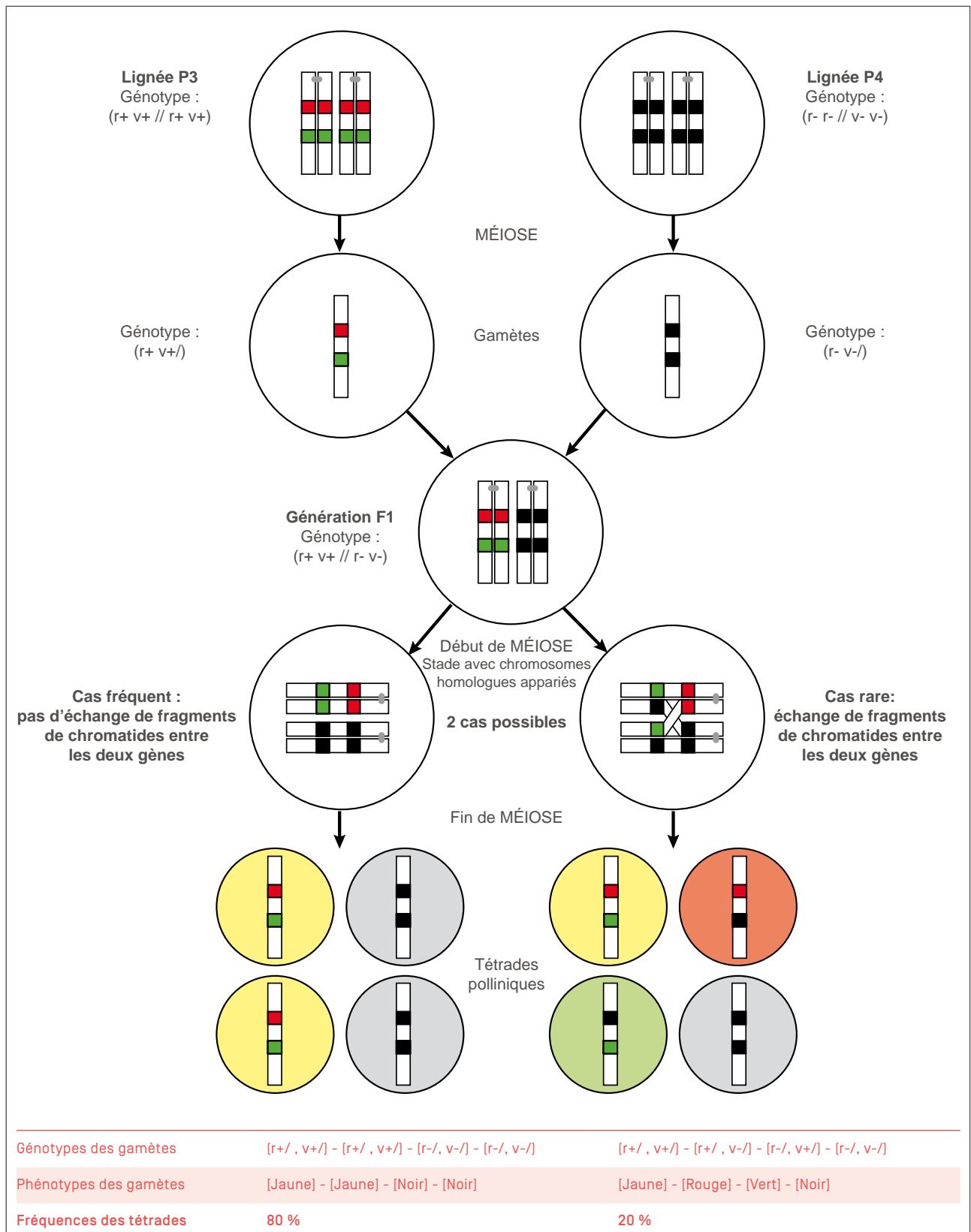


Schéma interprétatif du croisement P3 x P4



AIDES

L'aide 1 de connaissances se limite aux conventions d'écriture en génétique. Elle sera fournie à tous les élèves.

L'aide 2 de savoir-faire correspond à la fiche d'utilisation du logiciel *Mesurim* et sera distribuée à tous les élèves.

L'aide 3 à la démarche de résolution se décline en une aide mineure (qui se contente de quelques conseils) et une aide majeure (qui propose une chronologie détaillée dans l'exploitation des documents accompagnée de questions-guide). Ces deux aides seront fournies à la demande, l'aide majeure n'étant distribuée qu'au cas où l'aide mineure n'a pas réussi à débloquer l'élève.

CONSEILS

Durée de l'activité : estimée à 2 heures.

Conduite de l'activité : la formulation du problème à partir de la situation déclenchante ne doit pas durer plus de 10 minutes. Une mutualisation d'étape peut être envisagée à mi-parcours (sur le brassage interchromosomique).

Limites du programme : la nomenclature des phases de la méiose, les mécanismes de la recombinaison.

FICHE LABORATOIRE

Le logiciel *Mesurim* et sa fiche technique sont mis à disposition des élèves ainsi que les documents 4 et 8 numérisés

MOTS-CLÉS

Nouveaux : brassage génétique inter et intrachromosomique, crossing-over, enjambement, répartition aléatoire des chromosomes à la première division de méiose, diversité infinie des gamètes

Acquis à stabiliser

- terminale S : méiose, chromosomes homologues, cellule diploïde, cellule haploïde, existence de paires de chromosomes portant les mêmes gènes mais pas forcément les mêmes allèles, homozygotie, hétérozygotie, séparation des paires de chromosomes lors de la formation des cellules reproductrices
- années antérieures : méiose

DOCUMENTS PROPOSÉS

Document 1 - Localisation des organes reproducteurs mâles chez *Arabidopsis thaliana*

Document 2 - Les trois stades cellulaires de la méiose

Document 3 - Les lignées FTL (*Fluorescent Tagged Lines*)

Document 4 - Tétrades polliniques produites dans les anthères des individus F1 issus du croisement des lignées P1 et P2

Document 5 - Le cercle chromatique

Document 6 - D'autres lignées FTL (*Fluorescent Tagged Lines*)

Document 7 - Schéma interprétatif muet du croisement P1xP2

Document 8 - Tétrades polliniques produites dans les anthères des individus F1 issus du croisement des lignées P3 et P4

Document 9 - Paires de chromosomes homologues appariés en début de première division de méiose

Document 10 - Tableaux statistiques des tétrades obtenues

PROPOSITION D'ÉVALUATION

COMPÉTENCE 3 ► Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique

► **Pratiquer une démarche scientifique et technologique, résoudre des problèmes**

- Rechercher, extraire et organiser l'information utile.
- Raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale ou technologique, démontrer.
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié

PROPOSITION D'ACTIVITÉ

CONSIGNE

À l'aide de l'ensemble des documents proposés, justifier l'affirmation selon laquelle la méiose est source de diversité génétique à travers deux mécanismes qualifiés de brassages inter et intrachromosomiques.

Votre réponse comportera deux tableaux résumant les résultats expérimentaux des deux croisements étudiés et sera illustrée par le document 7 dûment complété ainsi qu'un schéma interprétatif du croisement P3 x P4. Enfin, un texte argumentatif structuré répondra à la question posée.

MATÉRIEL MIS À DISPOSITION

- les dix documents joints (dont les documents 4 et 8 numérisés à exploiter à l'aide du logiciel Mesurim)
- la fiche technique du logiciel Mesurim

ÉVALUATION

COMPÉTENCE 3

- LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES ET LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
- PRATIQUER UNE DÉMARCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE, RÉSOUDRE DES PROBLÈMES
- RAISONNER, ARGUMENTER, PRATIQUER UNE DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE OU TECHNOLOGIQUE, DÉMONTRER

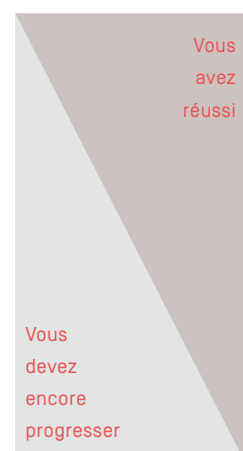
- Vous avez soulevé le problème posé par l'apparition des tétrades tétracolores dans le croisement P3 x P4, formulé l'hypothèse d'un échange de matériel génétique entre chromatides non-sœurs de chromosomes homologues et exploité la figure de chiasma pour valider votre hypothèse.

- Vous avez soulevé le problème posé par l'apparition des tétrades tétracolores dans le croisement P3 x P4, exploité correctement la figure de chiasma pour expliquer l'origine de ces tétrades mais l'hypothèse n'a pas été clairement formulée.

- Vous avez soulevé le problème posé par l'apparition des tétrades tétracolores dans le croisement P3 x P4, formulé l'hypothèse d'un échange de matériel génétique entre chromatides non-sœurs de chromosomes homologues mais vous n'avez pas su interpréter la figure de chiasma pour valider votre hypothèse.

- Vous avez soulevé le problème posé par l'apparition des tétrades tétracolores dans le croisement P3 x P4, mais aucune hypothèse n'a été formulée et vous n'avez pas su interpréter la figure de chiasma.

- Vous n'avez pas soulevé le problème posé par l'apparition des tétrades tétracolores dans le croisement P3 x P4 et vous n'avez pas su interpréter la figure de chiasma.



Vous
avez
réussi

Vous
devez
encore
progresser

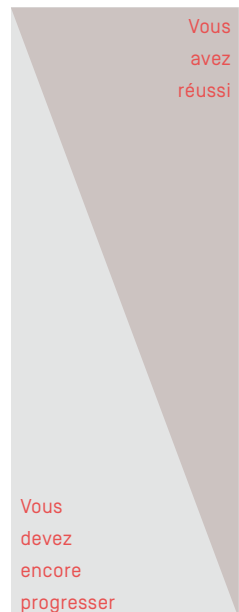
- Vous avez expliqué en quoi l'apparition de nouvelles combinaisons alléliques dans les deux croisements constituait respectivement un brassage inter et intrachromosomique et vous avez expliqué en quoi ces brassages étaient générateurs de diversité génétique.
- Vous avez expliqué en quoi l'apparition de nouvelles combinaisons alléliques dans les deux croisements participait à la diversité génétique mais vous n'avez pas fait le lien avec l'expression « brassage inter et intrachromosomique » proposée dans la consigne.
- Vous avez identifié l'apparition de nouvelles combinaisons alléliques dans les deux croisements mais vous n'avez pas fait le lien avec l'expression « brassage inter et intrachromosomique » proposée dans la consigne ni avec la diversité génétique.
- Vous n'avez pas identifié l'apparition de nouvelles combinaisons alléliques.



► COMMUNIQUER DANS UN LANGAGE SCIENTIFIQUEMENT APPROPRIÉ

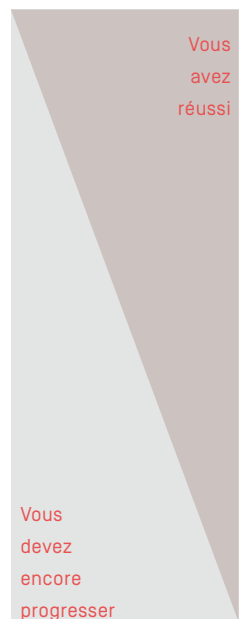
CONSTRUIRE UN SCHÉMA

- Vous avez construit pour le second croisement un schéma explicatif à l'échelle chromosomique des produits de méiose dans lequel les gènes sont correctement positionnés; le crossing-over et ses conséquences génétiques (gamètes recombinés) sont correctement représentés.
- Vous avez construit pour le second croisement un schéma explicatif à l'échelle chromosomique des produits de méiose dans lequel les gènes sont correctement positionnés mais le crossing-over n'est pas correctement positionné bien que ses conséquences génétiques soient correctement représentées.
- Vous avez construit pour le second croisement un schéma explicatif à l'échelle chromosomique des produits de méiose dans lequel les gènes sont correctement positionnés mais le crossing-over n'est pas correctement positionné et ses conséquences génétiques représentées de manière erronée.
- Vous avez construit pour le second croisement un schéma explicatif à l'échelle chromosomique des produits de méiose dans lequel les gènes sont correctement positionnés mais le crossing-over et/ou ses conséquences génétiques ne sont pas représentés.
- Vous avez construit pour le second croisement un schéma explicatif à l'échelle chromosomique des produits de méiose mais les gènes ne sont pas positionnés sur le même chromosome et le crossing-over et/ou ses conséquences génétiques ne sont pas représentés.
- Vous n'avez pas construit pour le second croisement de schéma explicatif à l'échelle chromosomique des produits de méiose.



RÉDIGER UN TEXTE COHÉRENT ET SCIENTIFIQUEMENT CORRECT

- Vous avez rédigé un texte structuré en deux parties (brassages inter et intrachromosomique), utilisé un vocabulaire scientifiquement approprié (gène, allèle, chromatide, chromosome, chiasma, crossing-over, phénotype, génotype, réassortiment allélique), utilisé les connecteurs logiques de manière correcte (or, par ailleurs, donc...) et répondu explicitement à la question formulée dans la consigne.
- Vous avez rédigé un texte avec un vocabulaire scientifiquement, utilisé les connecteurs logiques de manière correcte et répondu explicitement à la question formulée dans la consigne, mais vous n'avez pas clairement distingué les deux types de brassages.
- Vous avez rédigé un texte structuré en deux parties (brassages inter et intrachromosomique), mais vous n'avez pas utilisé de manière adaptée le vocabulaire scientifique ou les connecteurs logiques ou vous n'avez pas répondu explicitement à la question formulée dans la consigne.
- Vous avez rédigé un texte structuré en deux parties (brassages inter et intrachromosomique), mais vous n'avez utilisé de manière adaptée ni le vocabulaire scientifique ni les connecteurs logiques et vous n'avez pas répondu explicitement à la question formulée dans la consigne.
- Vous avez rédigé un texte mais il n'est pas structuré en deux parties. De plus, vous n'avez utilisé de manière adaptée ni le vocabulaire scientifique, ni les connecteurs logiques et vous n'avez pas répondu explicitement à la question formulée dans la consigne.
- Vous n'avez pas rédigé de texte.



AGIR
POUR VOUS
ACCOMPAGNER
AU QUOTIDIEN

Cet ouvrage est conçu pour apporter une aide aux professeurs de Sciences de la vie et de la Terre des sections de première et de terminale scientifique afin d'interpréter au mieux les nouveaux programmes de ces niveaux de classe entrés en vigueur depuis la rentrée 2013. Il est également un précieux outil de formation pour les étudiants en master des métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation (MEEF) qui se destinent à devenir professeurs.

La première partie fait le point sur l'évolution de la discipline, la réforme du lycée et les démarches de construction des leçons et des aides destinées aux élèves. Une large part est consacrée à la continuité des enseignements depuis le collège jusqu'à l'université, aux sections européennes et langues orientales (SELO) et à la place du numérique dans l'enseignement de SVT.

La deuxième partie propose des activités concrètes, pour chaque thème du programme retenu – décrites par une notice d'accompagnement pédagogique – ainsi que des fiches pour les élèves. Chaque consigne est une tâche complexe afin de préparer les élèves aux épreuves du baccalauréat. Dans cette perspective, des épreuves de Discipline Non Linguistique (DNL) en anglais sont proposées ici. De nombreux documents variés, destinés aux élèves, sont fournis dans l'ouvrage et en téléchargement sur le site reseau-canope.fr.

Patrick DEMOUGEOT et Loïc MATHON, inspecteurs d'académie – inspecteurs pédagogiques régionaux de Sciences de la vie et de la Terre dans l'académie de Nice, ont coordonné cet ouvrage. Les auteurs des séquences pédagogiques sont enseignants en lycée des académies de Nice et de Lyon.

Une version enrichie de l'ouvrage existe, proposant à la fois les notices pédagogiques, les documents et aides destinés aux élèves.

