



LE CHOIX
D'UNE AUTRE
SCOLARITÉ

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Classe de Terminale

- Première Partie -

76/78 rue Saint Lazare – 75009 Paris

www.eib-adistance.com

Extrait de cours SVT

PROGRAMME DE SVT SPECIALITE

Classe de Terminale

Auteur : Éric JACOBI

ORGANISATION DU PREMIER SEMESTRE

Séquences	Leçons	Devoirs à soumettre
1	Thème 1 : La Terre, la Vie et l'organisation du vivant Partie 1 : Génétique et évolution Chapitre 1 : L'origine du génotype des individus Sous-Chapitre I : La conservation des génomes : stabilité génétique et évolution clonale	
2	Sous-Chapitre II : Le brassage des génomes à chaque génération : la reproduction sexuée des eucaryotes Sous-Chapitre III : Comprendre les résultats de la reproduction sexuée : principes de base de la génétique	Devoir n° 1
3	Sous-Chapitre IV : Les accidents génétiques de la méiose et leurs conséquences	
4	Chapitre II : La complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbioses	
5	Chapitre III : L'inéluctable évolution des génomes au sein des populations	Devoir n° 2
6	Chapitre IV : D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant	
7	Partie 2 : À la recherche du passé géologique de notre planète Chapitre I : Le temps et les roches	
8	Chapitre II : Les traces du passé mouvementé de la Terre	Devoir n° 3
9	Thème 2 : Enjeux planétaires contemporains Partie 1 : De la plante sauvage à la plante domestiquée Chapitre I : L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs	
10	Chapitre II : La plante, productrice de matière organique	Devoir n° 4

En fin de fascicule :

- Les corrigés des exercices non à soumettre
- puis les énoncés des devoirs à soumettre

Extrait de cours SVT

SEQUENCE 1

THEME 1 : LA TERRE, LA VIE ET L'ORGANISATION DU VIVANT

PARTIE 1 : GENETIQUE ET EVOLUTION

Chapitre 1 : L'origine du génotype des individus

Sous-Chapitre 1 : La conservation des génomes : stabilité génétique et évolution clonale

La cellule est l'unité fonctionnelle du vivant. Chez les êtres unicellulaires (protozoaires, protophytes ou levures), toutes les fonctions sont assurées par une seule cellule. Chez les êtres pluricellulaires (métazoaires ou métaphytes), les cellules s'organisent en tissus assurant des fonctions particulières. Dans son cycle de vie, une cellule est amenée à se diviser par mitose dans plusieurs situations. La finalité de cette division est de permettre aux cellules une reproduction conforme, c'est-à-dire que les cellules filles doivent être identiques à la cellule mère. Les cellules résultantes de cette division sont également qualifiées de clones. Cette partie a été étudiée en classe de 1^{ère}.

Dans certaines situations, les cellules filles peuvent être différentes des cellules mères. Cette différence s'explique par des mutations non réparées qui peuvent survenir lors de la réplication (l'ADN est mal dupliqué et des erreurs de séquence apparaissent et sont transmises aux cellules filles). Les clones résultants peuvent alors conserver cette mutation et la transmettre aux clones suivants. C'est ce mécanisme qui initie la mise en place d'un cancer c'est-à-dire une prolifération anormale de cellules dans un organisme vivant.

Nous pouvons alors nous interroger sur les mécanismes permettant à une cellule de conserver une stabilité génétique au cours de son évolution clonale et des applications de ce mécanisme en santé humaine et en agronomie.

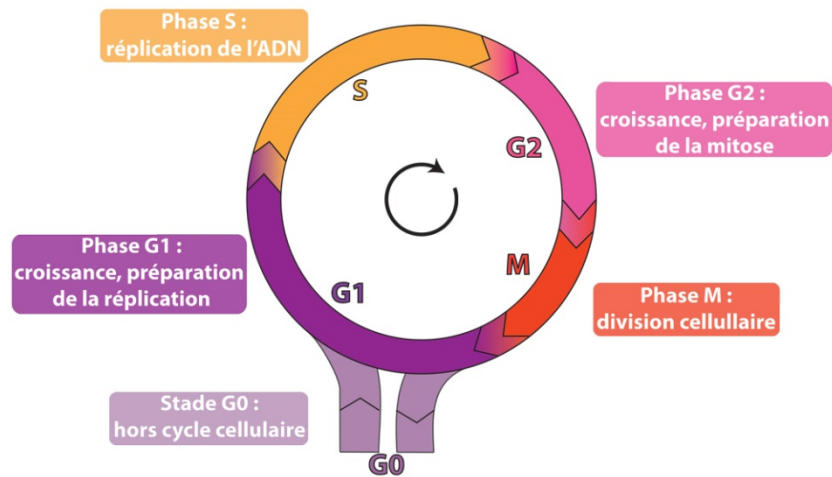
Nous verrons ici l'importance de la compréhension des mécanismes d'évolution clonale. Dans une première partie nous aborderons les relations entre génotype et phénotype témoignant de l'évolution clonale, puis nous insisterons sur la distinction entre mutations somatiques et mutations germinales et leurs conséquences sur l'organisme. Enfin nous verrons en quoi l'évolution moléculaire contribue à l'acquisition d'une diversité génétique des clones cellulaires.

I) Du génotype au phénotype : l'évolution clonale

Rappels sur les cycles cellulaires

En classe de Première, nous avons vu les différents mécanismes à l'origine de la reproduction conforme d'une cellule, la mitose. Il est donc indispensable de réviser et de bien connaître ce mécanisme.

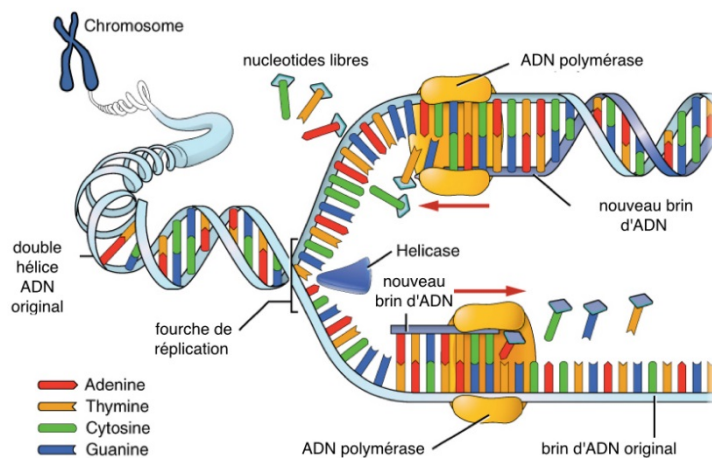
Le cycle cellulaire d'une cellule est divisé en deux grandes étapes :



Le cycle cellulaire

- l'interphase une étape longue qui occupe 90% de ce cycle et se compose des phases G1, S et G2
- et une phase de division très rapide : la mitose.

Au cours de l'interphase, le matériel chromosomique est doublé par réplication de l'ADN (duplication des chromosomes) lors de la phase S.



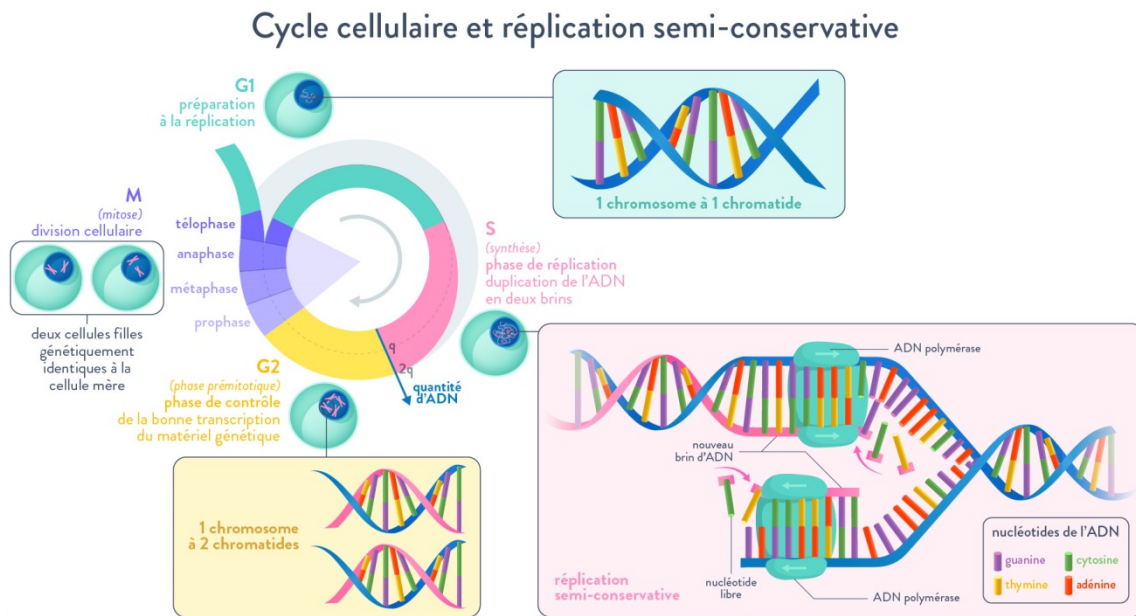
Réplication de l'ADN :
action de quelques protéines enzymatiques

En résumé

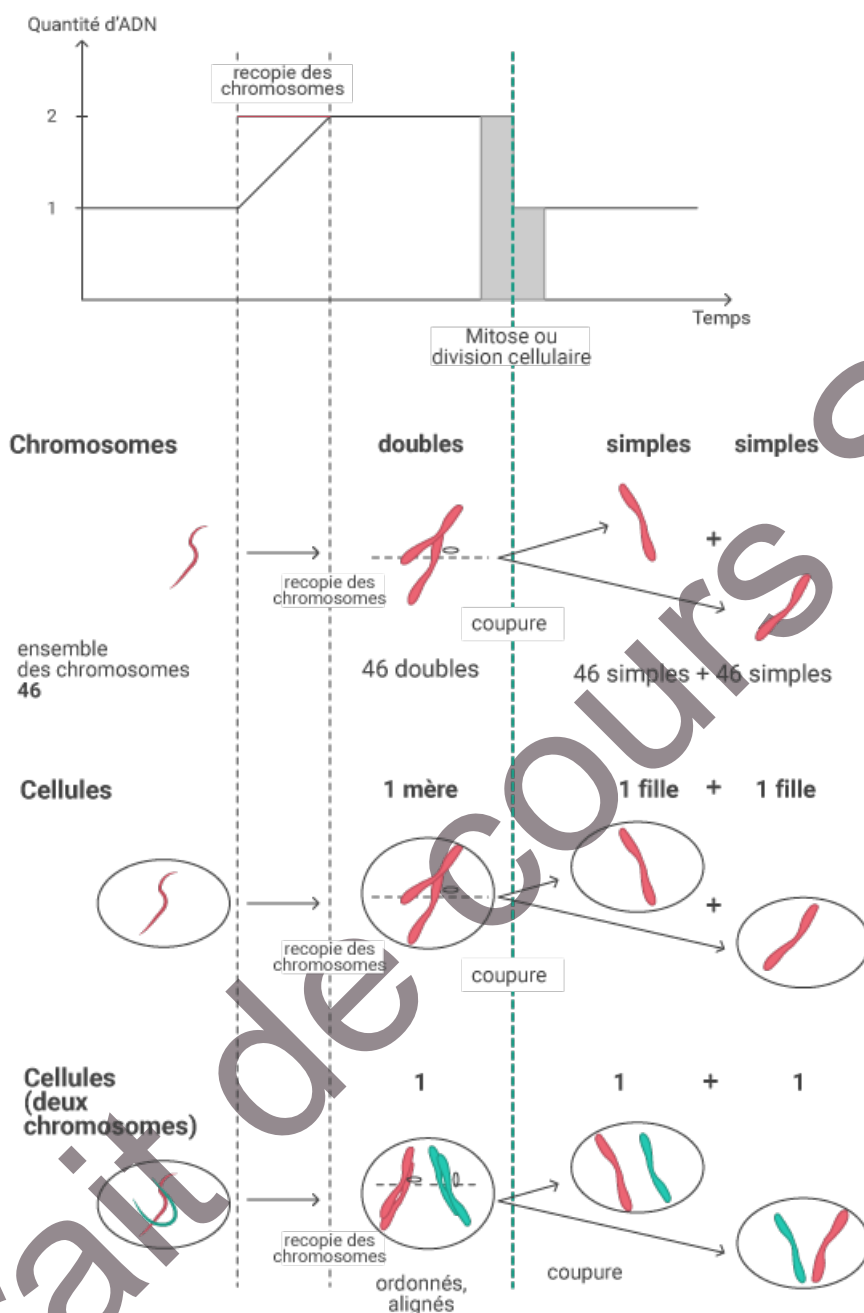
C'est au cours de cette phase que des erreurs peuvent survenir et être à l'origine de mutations.

La phase de division se décompose en 5 grandes phases successives : la prophase, la métaphase, l'anaphase, la télophase suivie d'une cytotdiérèse aboutissant à l'obtention de deux cellules distinctes présentant le même patrimoine génétique que la cellule mère.

Les cellules engagées dans ce processus se clonent selon un mode de multiplication asexuée appelé également reproduction clonale.



Différents aspects de la mitose



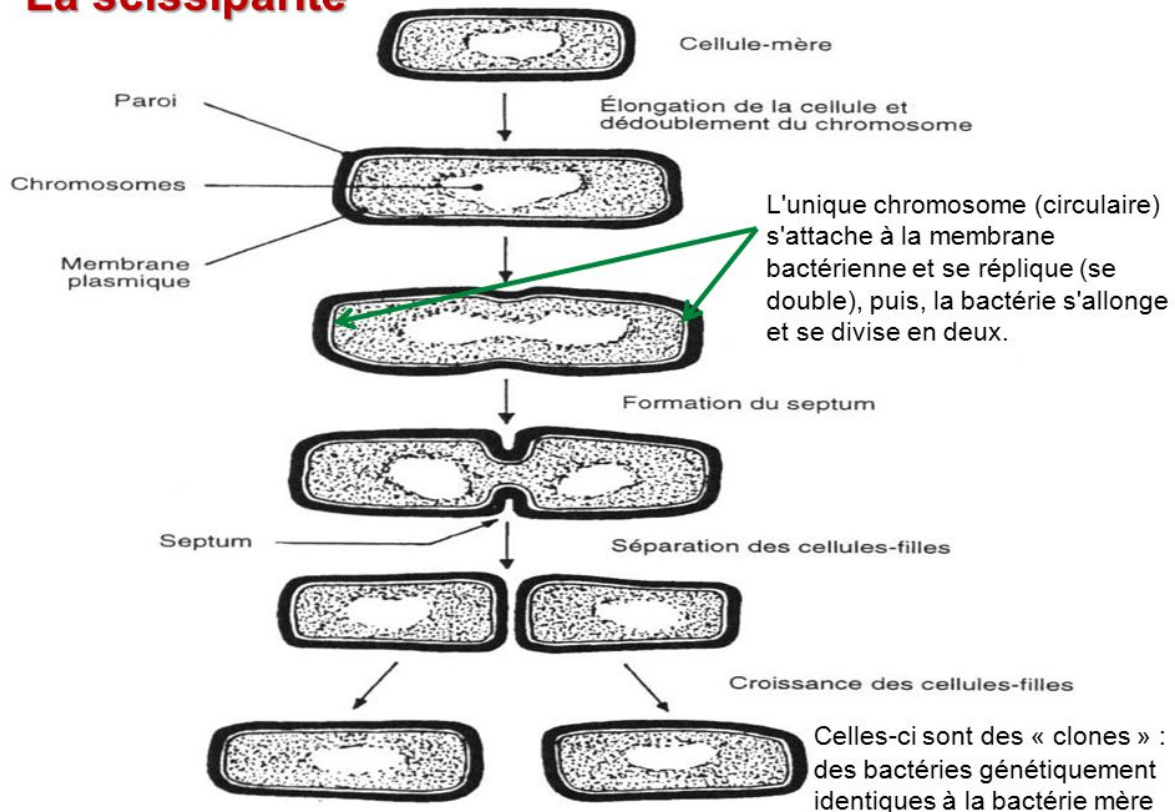
II) La multiplication ou division cellulaire

Ce mécanisme de division cellulaire se retrouve dans plusieurs situations.

A) Chez les bactéries, on parle de scissiparité

Prenons pour exemple une bactérie qui se retrouve dans un milieu favorable (disponibilité en nutriments, température comprise entre 25 et 40 °C, teneur en CO₂ d'environ 5 %). Dans ces conditions favorables, la scissiparité sera alors engagée et assurera à cette bactérie la colonisation du milieu grâce à ses clones.

La scissiparité

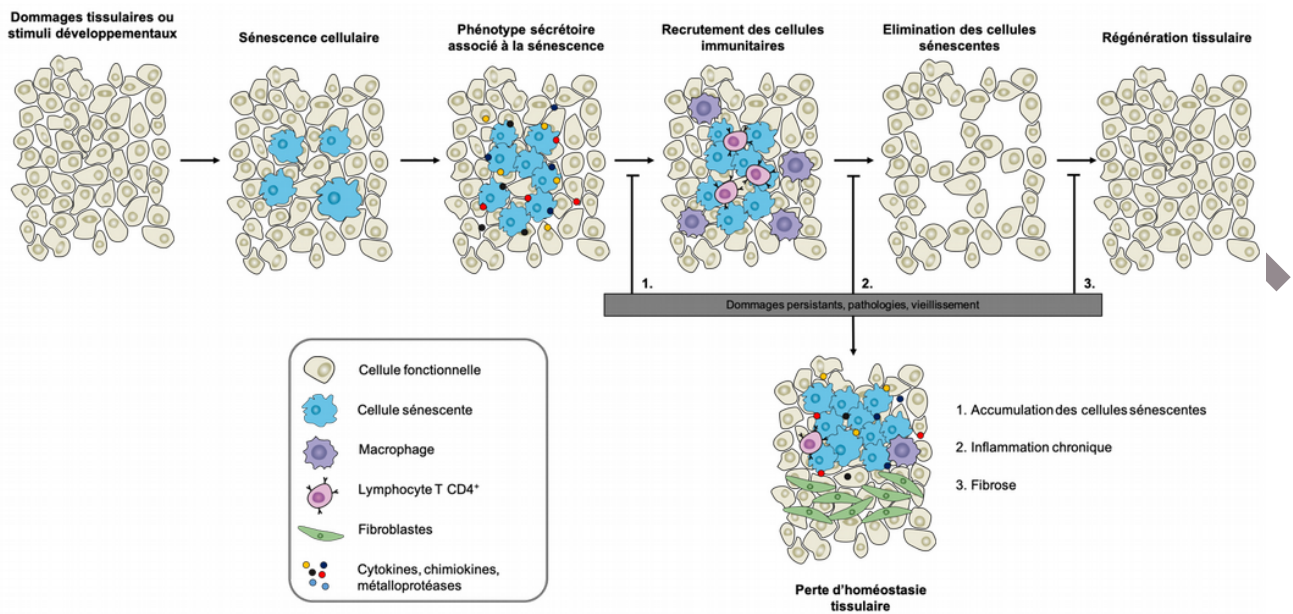


En laboratoire, la culture de bactéries repose sur le choix d'un milieu de culture adapté (généralement composé d'eau, d'agar, d'une source d'énergie : le plus souvent le glucose ; et d'une source d'azote apportée par des protéines). Les bactéries sontensemencées dans une boîte contenant ce milieu de culture. L'incubation pendant 24 heures aboutit à la formation de clones bactériens qui s'organisent en colonies bactériennes.

Chaque colonie macroscopiquement repérable, résulte de la division par scissiparité (et non par mitose) des bactéries initialement présentes dans le milieu.

B) Chez les eucaryotes, on parle de mitose

Un tissu endommagé (lésion) ou dont les cellules vieillissent et meurent, pourra se renouveler grâce à la mitose. Les cellules engagées vont alors se multiplier et s'organiser en tissu grâce à la mise en place d'un réseau de soutien : la matrice extra cellulaire (MEC). Il y a régénération cellulaire.



La MEC (Matrice Extracellulaire) est un réseau de molécules (collagène, protéines fibreuses notamment) extracellulaires facilitant les liaisons et l'adhérence entre les cellules. Elle fournit un support structural pour les cellules et joue le rôle de ciment intercellulaire.

Une relation complexe entre le génotype et le phénotype assure l'évolution clonale des cellules dans un organisme vivant.

III) Relation entre génotype et phénotype dans l'évolution clonale

L'évolution clonale: En biologie évolutionniste, la théorie de l'évolution clonale situe au niveau cellulaire la capacité d'adaptation d'un être vivant. Dans cette approche, le gène constitue l'unité de base de l'évolution des organismes selon deux raisonnements :

- l'existence de mutations aléatoires lors de la division cellulaire conduisent à la production de cellules clones différentes des cellules parentales que l'on retrouve dans les tissus de l'organisme étudié ;
- des processus adaptatifs sont à l'origine de processus de sélections clonales.

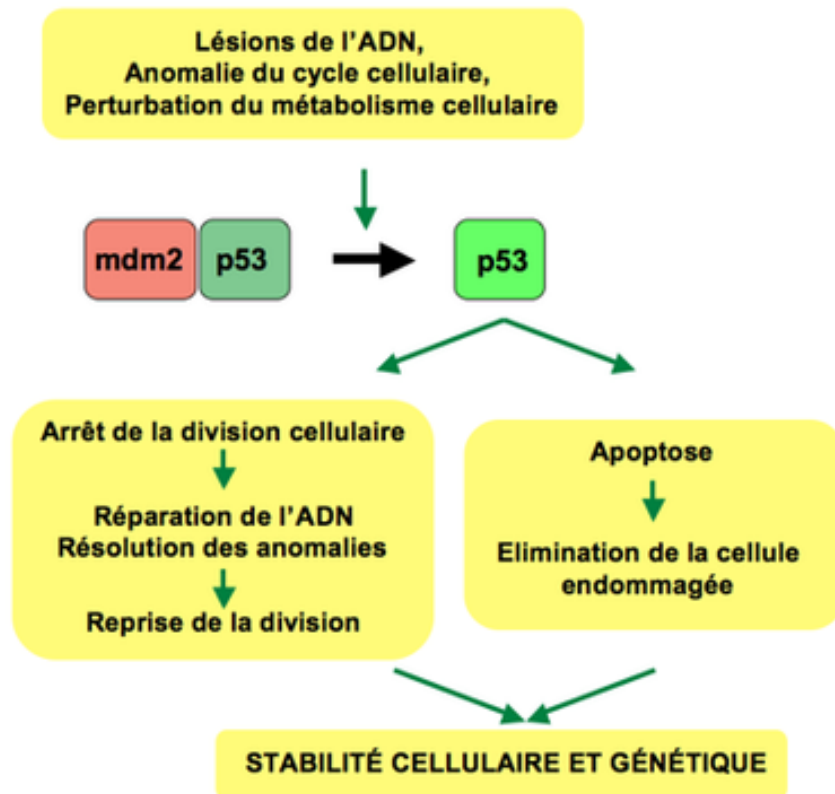
Ainsi, lorsqu'une mutation donne un avantage aux individus porteurs elle sera sélectionnée dans la population.

Les relations entre génotype et phénotype régissent le monde vivant.

- Le génotype se définit comme l'ensemble de l'information génétique contenue dans un organisme, c'est-à-dire l'ensemble des allèles de tous les gènes.
- Le phénotype se définit comme l'ensemble des caractères observables d'un organisme. Il s'observe à trois niveaux : macroscopique, cellulaire et moléculaire.

Lorsqu'une cellule se divise, pendant l'interphase des points de contrôle, gouvernés par l'expression de gènes, assurent la poursuite ou non du cycle. C'est notamment le cas du gène p53 qui code pour la protéine p53. Cette protéine assure le contrôle de l'intégrité cellulaire (lésion de l'ADN, anomalie du cycle cellulaire, perturbation du métabolisme cellulaire).

En cas de détection d'une anomalie, p53 active des processus de réparation de l'ADN ou la destruction de cette cellule par apoptose.



Ainsi, l'expression d'un gène régulateur de division (gène p53) assure le contrôle du phénotype moléculaire et engage des réponses adaptées en cas de détection d'anomalies : réparation ou apoptose.

La compréhension des mécanismes d'expansion clonale permet une application dans plusieurs domaines.

IV) Application dans plusieurs domaines (agronomie et biotechnologie)

A) La multiplication végétative en agronomie

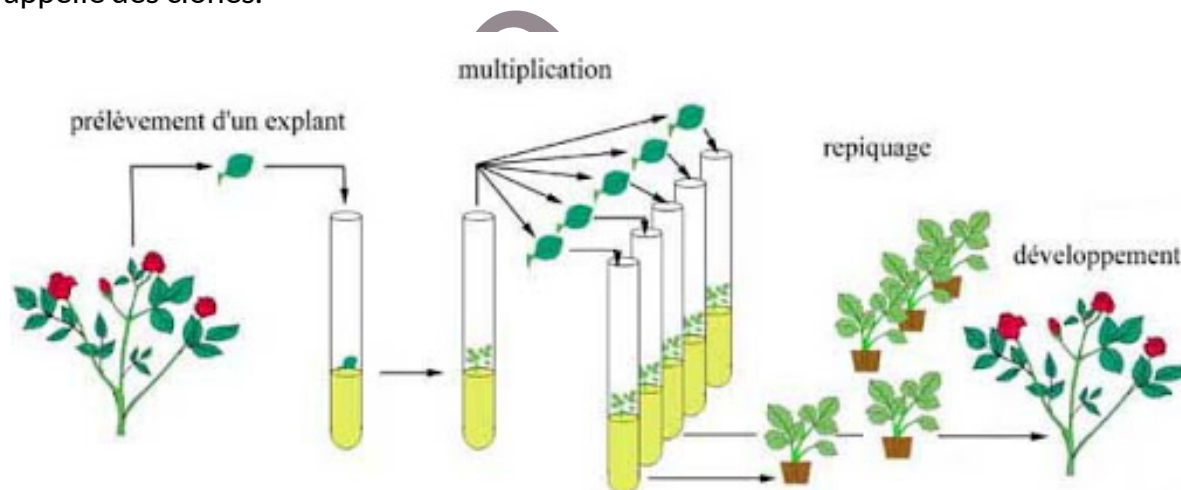
(Cette notion sera revue en séquence 11)

En agronomie, un clone est défini comme une descendance végétative conforme à une souche sélectionnée pour son identité indiscutable, ses caractéristiques phénotypiques et son état sanitaire. Il existe plusieurs techniques agricoles permettant l'obtention de ces dits clones : le marcottage, le bouturage, et le greffage.

Ces techniques sont utilisées depuis très longtemps par l'Homme afin de sélectionner le matériel végétal le plus adapté à ses besoins.

1) Une forme de reproduction conforme

La reproduction sexuée n'est pas la seule façon par laquelle les végétaux peuvent se multiplier : par le processus de multiplication végétative, c'est à dire la production d'un végétal nouveau à partir d'un simple fragment de végétal (morceaux de tiges, bourgeons...), on peut arriver à obtenir des plantes complètes qui possèdent le même programme génétique que les fragments qui leur ont donné naissance. Les produits de la multiplication végétative sont donc des copies conformes du végétal " parent " : on les appelle des clones.



Le clonage des végétaux, aisé à pratiquer et d'ailleurs réalisé depuis longtemps par l'homme, est en effet beaucoup plus simple à réaliser que le clonage animal. En effet, les cellules d'un végétal sont souvent totipotentes (potens : pouvoir, toti- : tout) : elles ont la possibilité de revenir à un état embryonnaire, et de se redifférencier en toute cellule spécialisée qui serait nécessaire pour former une nouvelle plante.

2) La multiplication végétative in vitro

Il existe plusieurs techniques de multiplication végétative in vitro, c'est à dire de culture en éprouvette dans des conditions soigneusement contrôlées :

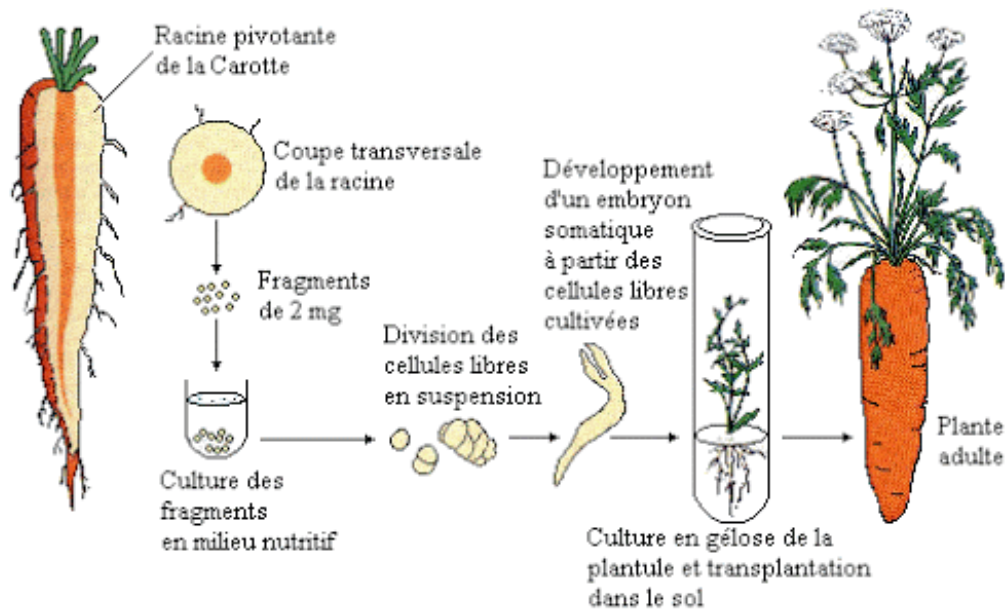
- le microbouturage : c'est la fragmentation d'une plante qui donne naissance, par la suite, à de nouveaux plants qui peuvent eux-mêmes être fragmentés. Les plants produits sont ainsi tous des clones. Ceci est effectué en laboratoire, en prenant le soin d'éviter toute contamination microbienne, avec répétition de fragmentations successives environ tous les mois.
- la culture de méristème : le méristème est un minuscule massif cellulaire que l'on peut trouver à la pointe d'une racine ou d'un bourgeon, formé de petites cellules qui se divisent activement pendant la mitose. On prélève l'apex (partie centrale du bourgeon) que l'on place dans un premier milieu de culture, où se développe une masse cellulaire informe : le cal. Puis on modifie la composition du milieu périodiquement pour que prolifère un jeune plant, à partir de ce cal donnant naissance aux différentes parties du plant. L'avantage est que les cellules de méristème sont indemnes de virus même chez un plant malade, ce qui permet d'obtenir une population de plantes saines.
- avec un fragment végétal encore plus infime, on peut arriver au même résultat, notamment avec la culture de protoplastes. On prélève une cellule banale, on lui enlève sa paroi cellulosique, elle devient alors un protoplaste qui peut se développer in vitro, en se divisant et en formant un cal. Ce cal, dans des conditions de culture satisfaisantes, s'organise et produit une plante à partir d'une simple cellule, même si celle-ci était adulte et donc " spécialisée " (totipotence de la cellule végétale).

3) Avantages de la culture in vitro

Ils sont nombreux :

- technique applicable à un grand nombre de plantes : après avoir été appliquée aux plantes horticoles surtout, cette méthode est désormais couramment utilisée pour les arbres fruitiers, les arbres forestiers, la vigne, les rosiers...
- obtention d'un grand nombre de plantes : avec un bourgeon de rosier par exemple, on peut produire entre 200 000 et 400 000 descendants en une année, ce qui doit être comparé aux méthodes " classiques " (ici le greffage), donnant une quarantaine de pieds
- intérêts économiques : coût d'entretien des pieds mères moins important, rapidité des récoltes. N'oublions pas par contre que les investissements doivent être élevés pour utiliser ce processus
- obtention de plantes saines : on a pu sauver des variétés affectées par des maladies grâce à la multiplication végétative appliquée aux méristèmes, comme dans le cas de la " Belle de Fontenay ", une variété de pomme de terre qui semblait vouée à disparaître.
- faible encombrement des cultures

- obtention de plantes identiques, présentant des caractères sélectionnés: les techniques vues ici permettent aussi d'envisager la production de nouvelles espèces par fusion des protoplastes par exemple.
- contrôle facile des facteurs du milieu
- souplesse de la production vis à vis de la demande



4) un exemple de sélection d'une variété clonale

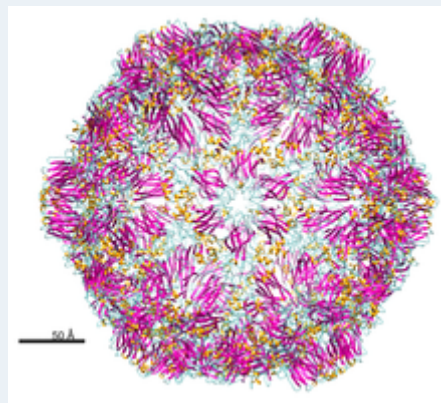
Le processus de sélection clonale repose sur une procédure longue et rigoureuse et une succession de travaux d'hybridation entre variétés aux caractéristiques agronomiques avantageuses.

Ce procédé est très utilisé en France dans la culture des vignes. Dans les années 1950, les vignobles français furent ravagés par une virose à nématodes (infection virale dont le vecteur est un ver rond).

Document : La maladie du court-noué

La crise du Phylloxera à partir de 1863 a fortement touché les vignobles européens et entraîné l'arrachage de nombreuses vignes mortes qu'il a fallu renouveler. L'énorme brassage de matériel végétal, sans aucune sélection des bois utilisés, a conduit à une large propagation du court noué dans tous les vignobles du monde où il est maintenant largement implanté. Ajoutons que le matériel américain utilisé pour contrôler le Phylloxera, appartenant au genre *Vitis* et des hybrides, ne présentait aucune résistance aux népovirus européens, en particulier au GFLV.

Structure cristalline du virus GFLV, un nepovirus responsable de la maladie du court-noué.



La maladie du court-noué est une maladie de la vigne.



C'est une maladie virale mortelle touchant les ceps de vigne dont les deux principaux virus responsables sont le GFLV (pour Grapevine Fan Leaf Virus en anglais, « virus des feuilles en palmettes de la vigne » en français) et l'ArMV (pour Arabis Mosaic Virus en anglais, « virus de la mosaïque de l'arabette » en français). Ces deux virus sont transmis à la plante par des nématodes de l'ordre des némathelminthes : *Xiphinema index* pour le premier et *Xiphinema diversicaudatum* (en) pour le second.

En 2010, des recherches de l'INRA visant à combattre le court-noué via des porte-greffes modifiés génétiquement ont fait l'objet d'arrachage de pieds de vigne par des faucheurs d'OGM, faisant perdre ainsi des années de recherches.

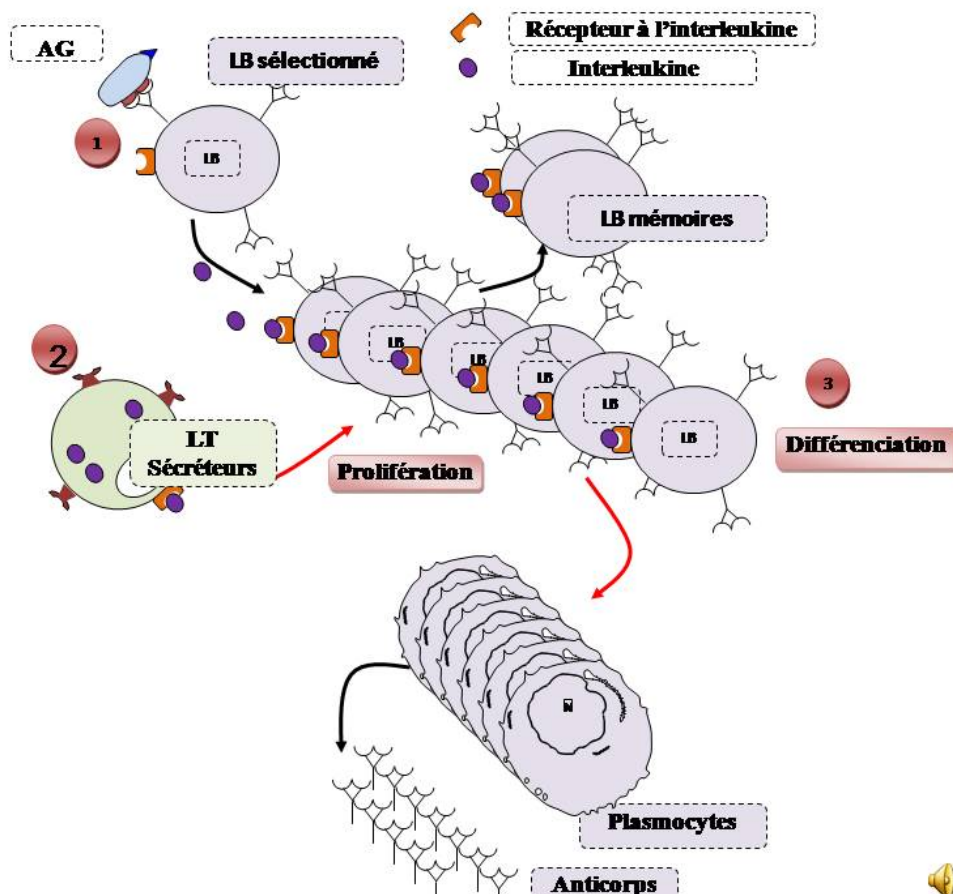
Afin d'enrayer la propagation catastrophique de cette maladie, la sélection de clones résistants à cette infection a été réalisée. Ainsi, par un processus long et rigoureux, des hybridations entre variétés présentant des caractéristiques agronomiques intéressantes ont été réalisées. Le clone obtenu présente une résistance à cette infection tout en conservant les qualités gustatives de la vigne.

Ainsi, l'évolution clonale est un mécanisme essentiel qui assure une conservation des propriétés structurales et fonctionnelles d'une cellule. Elle se base sur une fidélité lors de la réplication de l'ADN afin d'obtenir une descendance rigoureusement identique. Cependant, des mutations peuvent survenir lors de cette étape avec des conséquences plus ou moins graves pour l'organisme.

B) La multiplication végétative en biotechnologies

1) L'immunité spécifique

Nous avons vu en classe de Première, l'importance de la mise en place d'une immunité adaptative en réponse à une infection par un micro-organisme. Cette réponse nécessite l'intervention de cellules spécialisées : les lymphocytes dont le rôle est de reconnaître spécifiquement le variant de l'agent infectieux et d'engager des processus biochimiques de neutralisation et de destruction de cet agent.



Les sous-populations de lymphocytes engagées principalement dans ce mécanisme sont les LT4, LT8 et LB.

La reconnaissance de l'agent infectieux par un clone lymphocytaire engage ce dernier à se diviser par mitoses successives, on parle alors d'expansion clonale.

L'importance de cette expansion, permet au clone concerné d'être présent en grande quantité, tout en conservant la reconnaissance spécifique de l'agent infectieux.

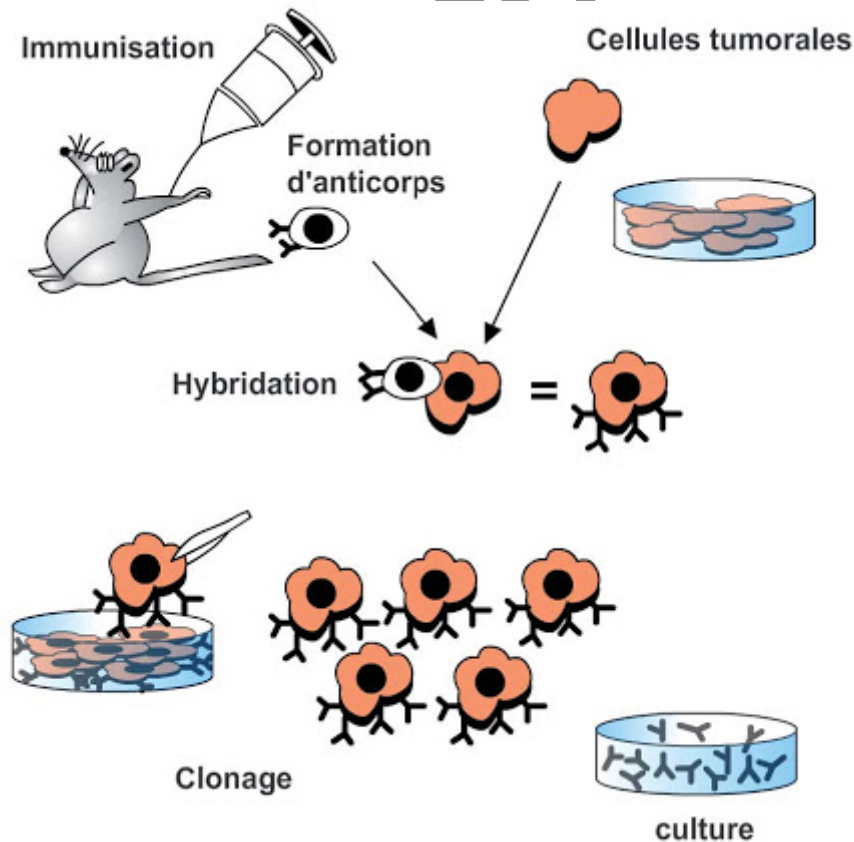
Prenons pour exemple, un clone lymphocytaire qui reconnaît l'antigène d'un virus grippal. Au bout de 20 divisions, la quantité de lymphocytes disponibles est de l'ordre de 2^{20} soit 1 048 576.

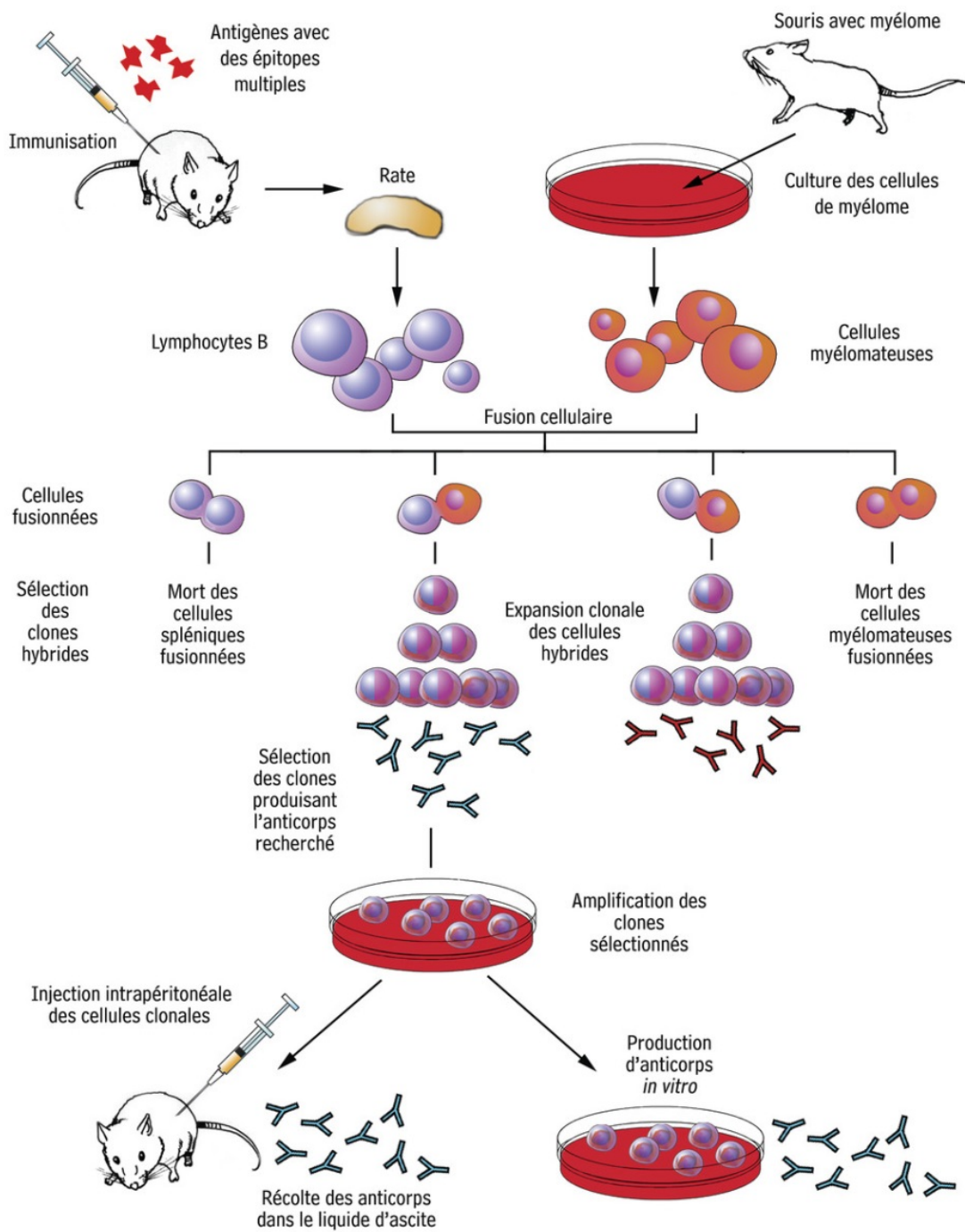
Ces lymphocytes seront alors mobilisés pour initier les processus de neutralisation et de destruction de l'agent infectieux.

2) La production d'anticorps monoclonaux

En laboratoire, il est possible de fusionner une cellule cancéreuse avec un lymphocyte B. En effet, in vitro, un lymphocyte B (LB) ne se multiplie pas et une cellule cancéreuse a des capacités de division infinie.

Cette fusion aboutit à l'échange de matériel génétique et la formation d'un hybridome. Cette cellule hybride conserve les deux propriétés des cellules mères c'est-à-dire la production d'anticorps et la multiplication clonale dans un milieu de culture approprié.





Cette technique permet la fabrication d'anticorps monoclonaux spécificité prédéterminée.

La neuraminidase virale est une enzyme présente dans l'enveloppe des virus de la grippe et qui permet aux virions de se détacher de la cellule hôte. Les neuraminidases sont des enzymes qui clivent les résidus d'acide sialique des glycoprotéines et sont indispensables à la réplication virale.

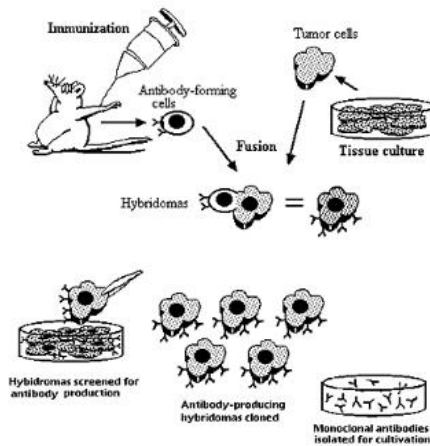
Niels K Jerne



Georges JF Köhler



César Milstein



Monoclonal Antibody Production

In 1984, the Nobel Prize in Physiology and Medicine was awarded jointly to Niels K. Jerne, Georges J.F. Köhler and César Milstein

"for theories concerning the specificity in development and control of the immune system and the discovery of the principle for production of monoclonal antibodies".

L'antigène inoculé à la souris est injecté couplé avec une protéine porteuse le rendant immunogène, c'est-à-dire capable d'une réponse immunitaire.

Il en résulte une réponse adaptative de l'organisme à l'origine de la formation de LB producteurs d'anticorps anti-neuraminidase. Ces LB, qui n'ont pas la capacité de se diviser in vitro, sont hybridés avec des cellules tumorales : les hybridomes résultants possèdent la capacité de se reproduire indéfiniment et de produire des anticorps dirigés contre la neuraminidase.

V) Les événements génétiques au sein des clones : mutations somatiques et germinales

A) Mutations somatiques et mutations germinales

1) Les mutations somatiques

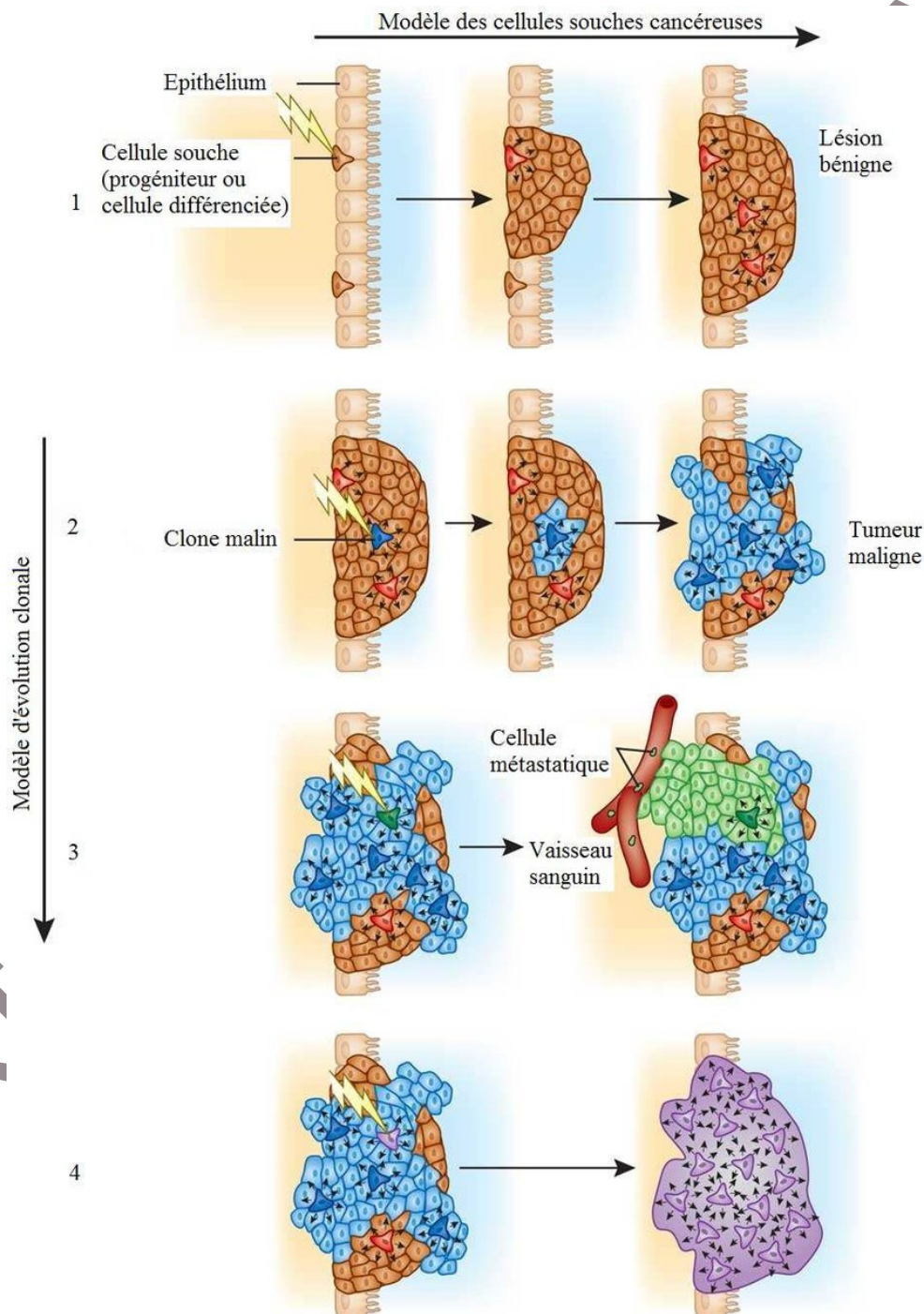
Dans la majorité des cas, une cellule comportant une mutation meurt par le mécanisme d'apoptose. Il s'agit d'une mort cellulaire programmée pour les cellules non-viables.

Cette cellule sera alors facilement remplacée par la division d'une cellule saine. Néanmoins, si la cellule mutée reste vivante, elle sera à l'origine d'un clone cellulaire qui colonisera son milieu par divisions successives.

La population cellulaire résultante portera la même mutation.

En fonction du stade de développement où une mutation se manifeste, les conséquences sur l'organisme seront plus ou moins graves. Elle pourra alors concerner un nombre restreint de cellules ou bien un organe tout entier.

Dans beaucoup de tissus et du fait d'une MEC (matrice extracellulaire) abondante, les cellules ont tendance à rester proches les unes des autres. Le clone cellulaire muté s'installera alors dans le tissu sain et constituera une zone anormale qui pourra évoluer dans certains cas en tumeur bénigne ou maligne.



Tumeur bénigne

Une tumeur bénigne désigne un amas de cellules cancéreuses n'ayant pas de conséquences sur la santé (exemple : verrue).

Tumeur maligne :

Une tumeur maligne est une prolifération anarchique de cellules mutées à l'origine d'un cancer et pouvant conduire à des métastases.

En fonction du tissu touché par la mutation, le devenir de cette dernière varie. On distingue deux principales mutations qui dépendent des cellules atteintes : les mutations somatiques et les mutations constitutionnelles.

Les mutations somatiques ou mutations acquises concernent les cellules non-sexuelles. Elles peuvent conduire à un clone cellulaire porteur de cette mutation ne touchant qu'un seul ou quelques tissus. Ces mutations ne sont pas transmises à la descendance.

Les mutations constitutionnelles : ces mutations surviennent lors des premières divisions du zygote et sont donc présentes dans toutes les cellules somatiques de l'individu ainsi que dans ses cellules germinales.

2) Le cancer : une évolution clonale résultant de mutations somatiques

En classe de Première nous avons vu les mécanismes moléculaires à l'origine du processus de cancérisation. La compréhension du mécanisme d'évolution clonale est essentielle pour étudier les cellules cancéreuses.

Évolution clonale (cas d'une cellule cancéreuse)

Dans ce contexte, l'évolution clonale désigne l'expansion d'une population de cellules cancéreuses à partir d'une cellule individuelle ayant subi des modifications génétiques (mutations).

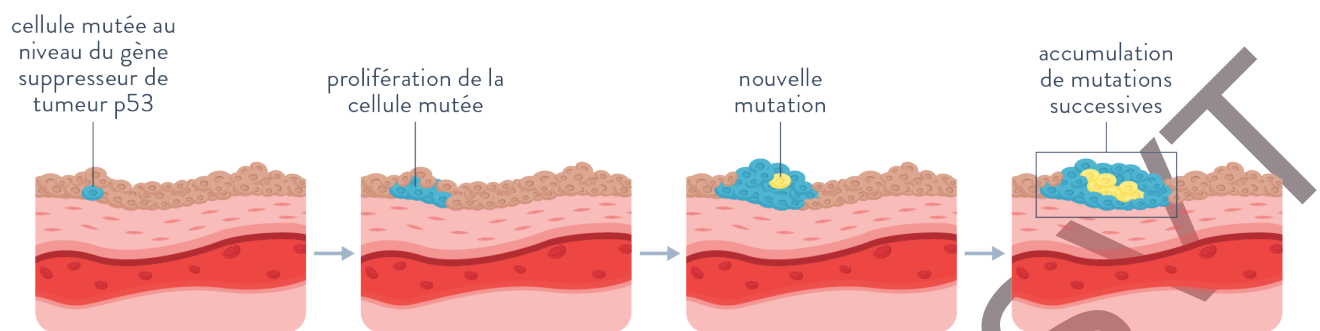
La théorie de l'évolution clonale dans le cadre du cancer explique l'émergence d'une tumeur cancéreuse maligne comme la conséquence de l'altération de l'ADN d'une cellule isolée qui acquiert par mutations au fil des générations un avantage compétitif par rapport aux cellules voisines.

Les clones cellulaires conserveront cette caractéristique et échapperont désormais aux mécanismes de régulation de la division cellulaire.

Des mutations successives pourront alors s'accumuler et aboutiront à un ensemble de clones présentant des anomalies graves.

Il en résulte une division anarchique de ces cellules et l'installation progressive d'une tumeur.

Mécanisme d'évolution clonale d'un cancer



3) Les mutations germinales

Certaines mutations peuvent survenir lors de la méiose directement dans les cellules germinales non-fécondées, au niveau d'un gamète parental : on parle de mutations germinales.

Évoquons plus précisément les mécanismes à l'origine de ces mutations germinales.

Les mutations germinales concernent spécifiquement les cellules sexuelles (gamètes).

Lors de la formation des gamètes au cours du cycle de division méiotique, des mutations peuvent survenir au cours de la phase de réplication de l'ADN. Si elles ne sont pas réparées, elles aboutiront à l'obtention d'une cellule mutée.

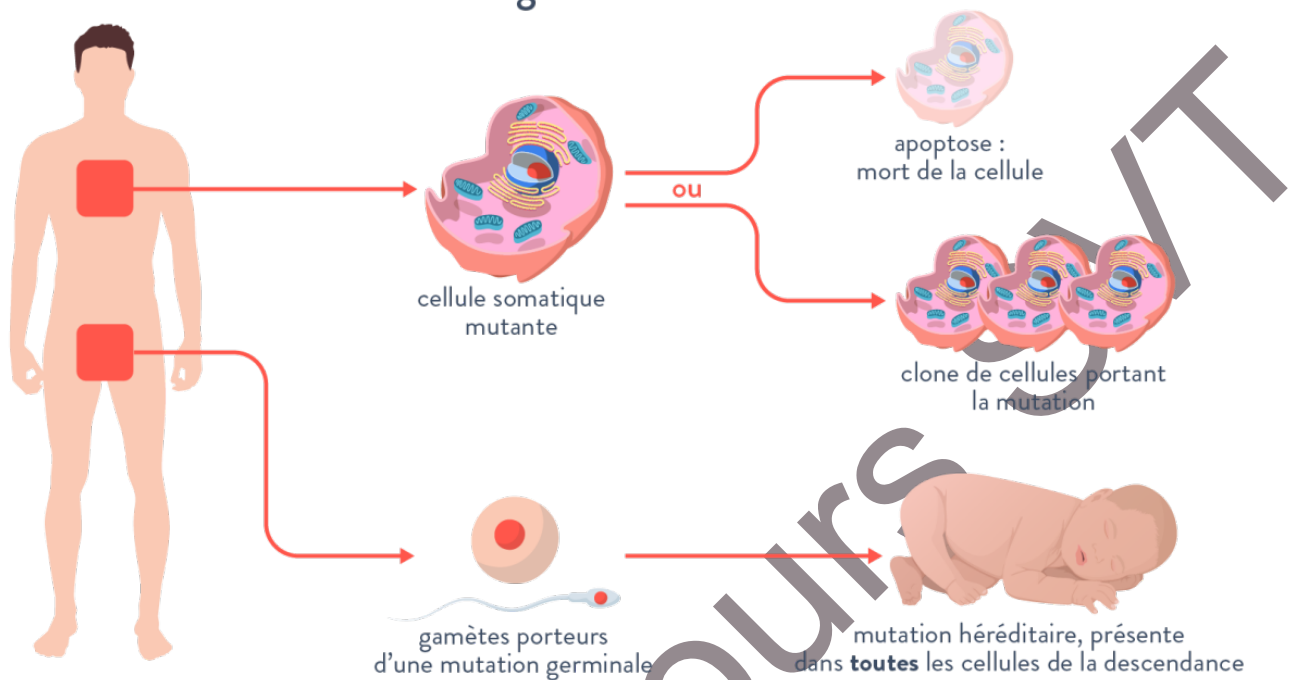
Cette dernière après de multiples divisions constituera un clone cellulaire : c'est-à-dire une population cellulaire qui portera cette mutation, susceptible d'être transmise lors de la fécondation.

S'il y a fécondation, la fusion d'un gamète porteur de la mutation avec un autre gamète aboutit à la transmission de cette mutation à la descendance.

Les mutations germinales sont donc potentiellement héréditaires.

Chez les mammifères, à cause du nombre plus important de divisions germinales qui mènent au spermatozoïde, le taux de mutation est plus élevé chez les males.

Conséquences des mutations germinales et somatiques sur l'organisme humain



B) L'évolution moléculaire

1) Taux d'évolution des génomes

Au cours de leur histoire, les générations successives d'une population subissent des modifications de leur génome : on parle alors d'évolution moléculaire.

Évolution moléculaire :

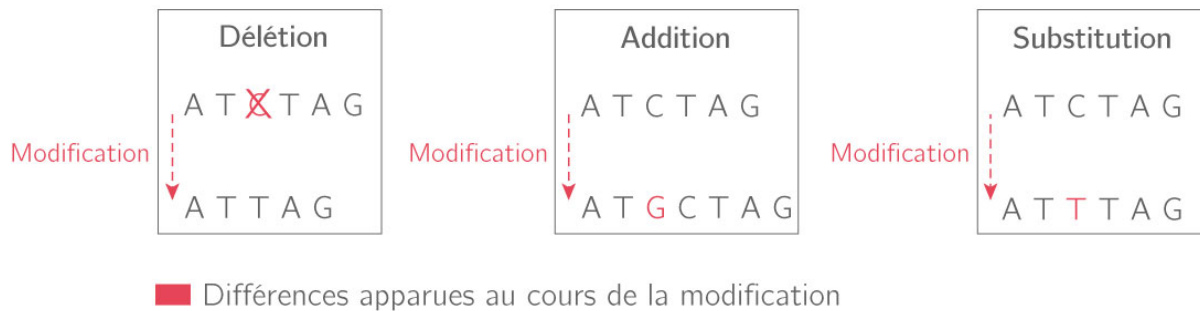
L'évolution moléculaire est la modification du génome des générations successives d'une population.

Les mutations sont le moteur de cette évolution : elles expliquent la diversité génétique au sein d'une même population.

Les mutations correspondent à des modifications de la séquence nucléotidique de l'ADN. Il existe plusieurs types de mutations : substitution, insertion et délétion.

Ces mutations peuvent ne pas avoir de conséquences sur l'organisme (mutations silencieuses) mais dans certains cas elles peuvent être délétères ou avantageuses pour le phénotype de l'individu muté.

Séquences après un cycle cellulaire



Ces schématisations ne représentent pas l'appariement de 2 brins d'ADN mais le même brin avant et après l'altération de la séquence.

Compte tenu de l'importance des mécanismes mutationnels, il est indispensable d'étudier le taux auquel ces mutations se produisent au sein d'un organisme.

2) Le taux de mutation

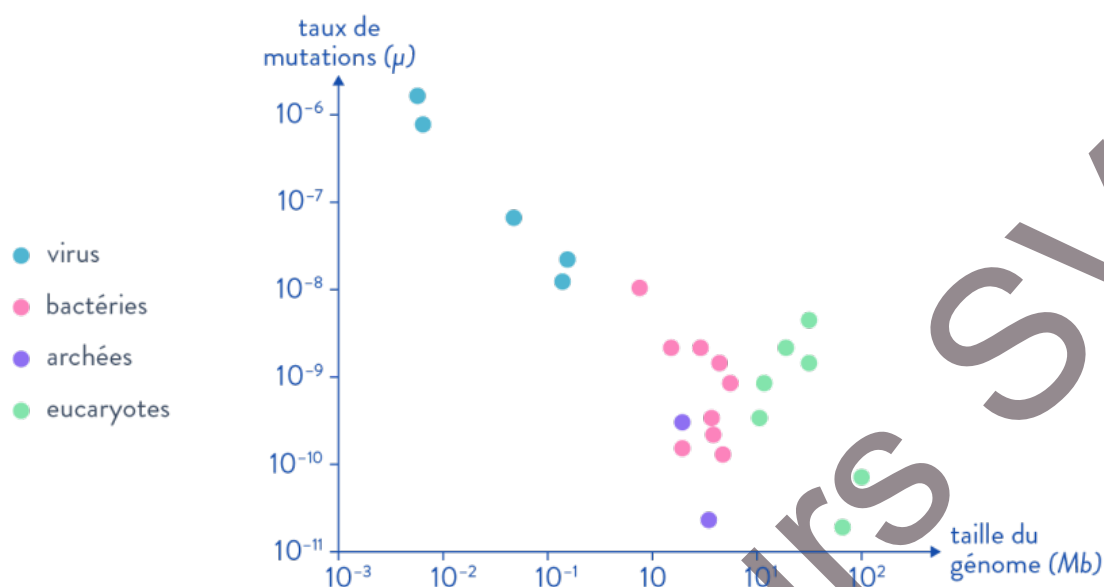
Le taux de mutation mesure la vitesse à laquelle se produisent les différents types de mutations. Cette mesure permet alors d'établir la probabilité qu'un allèle copié soit différent de son allèle parental.

Le taux de mutations est variable d'une espèce à l'autre.

Sur la base d'études in vivo et in vitro, les scientifiques estiment le taux de mutation de l'espèce humaine à $1 \cdot 10^{-6}$ par gène et par génération. Avec un taux de mutation par gamète (n) de $1 \cdot 10^{-6} \times 5 \cdot 10^4$ (nb de gènes par génome haploïde) gamètes produits = $5 \cdot 10^{-2}$ nous obtenons une probabilité de mutation par gamète de 1/20. Soit un taux de mutation par cellule de 1/20, soit par œuf : $1/20 \times 2$ donc une probabilité de 1/10 pour qu'un zygote renferme une nouvelle mutation (la plupart sont récessives, c'est-à-dire ne s'expriment pas dès leur existence)

Le taux de mutation peut être différent au sein d'une même espèce, notamment en fonction de prédispositions génétiques ou de facteurs environnementaux qui peuvent le modifier considérablement.

Relation entre taux de mutations et taille du génome



On observe une diminution du taux de mutation en fonction de l'augmentation du génome, ce qui se traduit par des apparitions peu fréquentes de mutations délétères dans les plus grands génomes. Dans l'espèce humaine, la taille du génome est un facteur favorisant un taux de mutation très faible. Cela est dû à des mécanismes de réparation plus complexes dans les organismes plus évolués.

3) Diversité génétique des clones

On parle de diversité génétique pour désigner la variation de la diversité des gènes au sein d'une même espèce.

Au cours de son évolution, une espèce vivante est soumise à des facteurs qui peuvent favoriser des mutations (agents mutagènes) et contribuer à augmenter la diversité génétique des clones.

Les agents mutagènes ne sont pas seuls responsables : le taux de mutation propre à chaque espèce, défini précédemment, est également impliqué dans cette diversification.

Pour les organismes unicellulaires, la survenue d'une mutation aboutit irrémédiablement à la persistance de cette mutation dans les générations suivantes : le mode de reproduction de ces espèces étant asexué (bactéries, par exemple).

Ainsi la diversité génétique des organismes unicellulaires est importante.

En revanche chez les organismes à reproduction sexuée, la transmission d'une mutation résulte d'une atteinte des cellules germinales.

Ces cellules, une fois fécondées vont maintenir la mutation dans les générations suivantes. On parle alors de diversité intraspécifique.

Les mutations qui surviennent au sein des cellules somatiques d'un organisme s'inscrivent dans un processus de diversification génétique de l'espèce nécessaire à son adaptation et son évolution. Pour autant, elles ne seront pas transmises telles quelles à la génération suivante.

En agronomie, la sélection clonale aboutit le plus souvent à remplacer des populations naturelles présentant une grande diversité génétique par des clones plus uniformes et améliorés. On assiste alors à une réduction drastique de la diversité génétique de la population clonée.

Conclusion

Les cellules représentent l'unité fonctionnelle et structurale du vivant. Ces dernières ont la capacité de se renouveler par une division conservatrice : la mitose. Lors de cette division, en l'absence d'erreur, la cellule fille possède la même information génétique que la cellule mère. L'intégrité génétique cellulaire repose sur un processus de reproduction conforme du matériel génétique permettant aux clones résultants de garder les fonctions spécialisées de sa lignée cellulaire.

Dans certains cas, des mutations peuvent survenir et contribuer à la diversité génétique des espèces. En effet, ces mutations peuvent être transmises à la descendance si elles sont constitutionnelles c'est-à-dire qu'elles portent sur des cellules germinales ou se produisent dès les premiers stades de développement de la cellule œuf. L'évolution clonale est donc un mécanisme essentiel qui régit le vivant et contribue à conserver un patrimoine génétique qui peut se diversifier au cours de l'évolution par l'acquisition de mutations soit silencieuses (sans conséquences sur l'organisme), soit délétères (effets désavantageux sur l'organisme : cas des cancers), soit avantageuses (conférant un avantage sélectif par rapport à un facteur environnemental).

