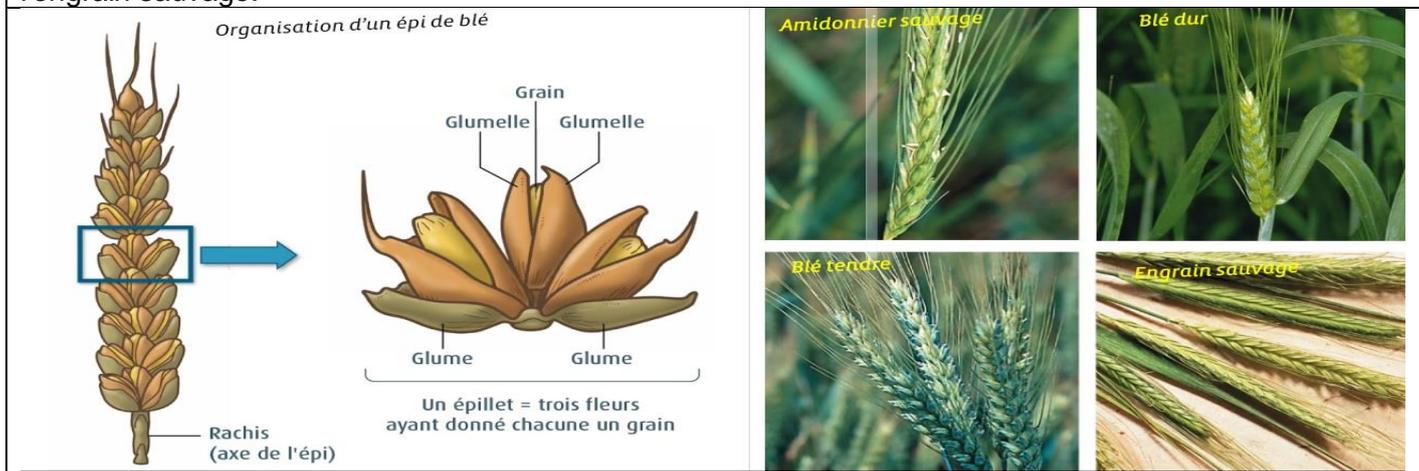


L'utilisation des plantes par l'homme est une très longue histoire, qui commence par la cueillette, se développe avec l'agriculture, et se poursuit, aujourd'hui, par l'utilisation des technologies les plus modernes. En effet, les plantes sont à la base de l'alimentation humaine et constituent également des ressources dans d'autres domaines (industrie pharmaceutique, biocarburants, etc.). Maîtriser l'exploitation des plantes constitue donc un enjeu majeur pour l'humanité.

I/ La domestication des plantes sauvages

Exemple: L'origine des blés cultivés (cf aussi livre p.242 - 243)

Comparaison des blés cultivés et d'espèces sauvages proches: les blés cultivés (blé dur et blé tendre) présentent des caractéristiques communes avec les espèces sauvages comme l'amidonner sauvage et l'engrain sauvage.



1°) Identifiez les arguments suggérant l'origine sauvage des espèces cultivées:

Les épis des espèces sauvages et des espèces cultivées présentent une même organisation: présence d'épillets attachés sur le rachis. Chaque épillet est constitué de glumes (enveloppe de l'épillet) renfermant les fleurs qui donneront les grains (ou graines après fécondation). L'organisation des fleurs est donc commune aux blés cultivés et aux blés sauvages: cette observation suggère donc que ces espèces sont étroitement apparentées.

Remarque: le terme amidonnier vient bien sûr du mot amidon, molécule glucidique qui est un polymère du glucose. Vous savez que les grains de blé, comme celle du riz, du maïs sont riches en amidon. En TP, on peut mettre en évidence l'amidon avec le test à l'eau iodée (appelé aussi test au lugol).

Caractère	Engrain et amidonnier (sauvages)	Blé dur et blé tendre (cultivés)
Solidité de l'épi	Rachis très fragile → dissémination des grains facilitée	Rachis solide → récolte facilitée
Forme des grains à maturité	Vêtus → les glumelles protègent le grain	Nus → séparation grains/ glumelles et formation de farine facilitée
Maturation des grains des différents individus	Étalée dans le temps → probabilité de rencontrer des conditions favorables pour la maturation augmentée	Synchrone → récolte facilitée

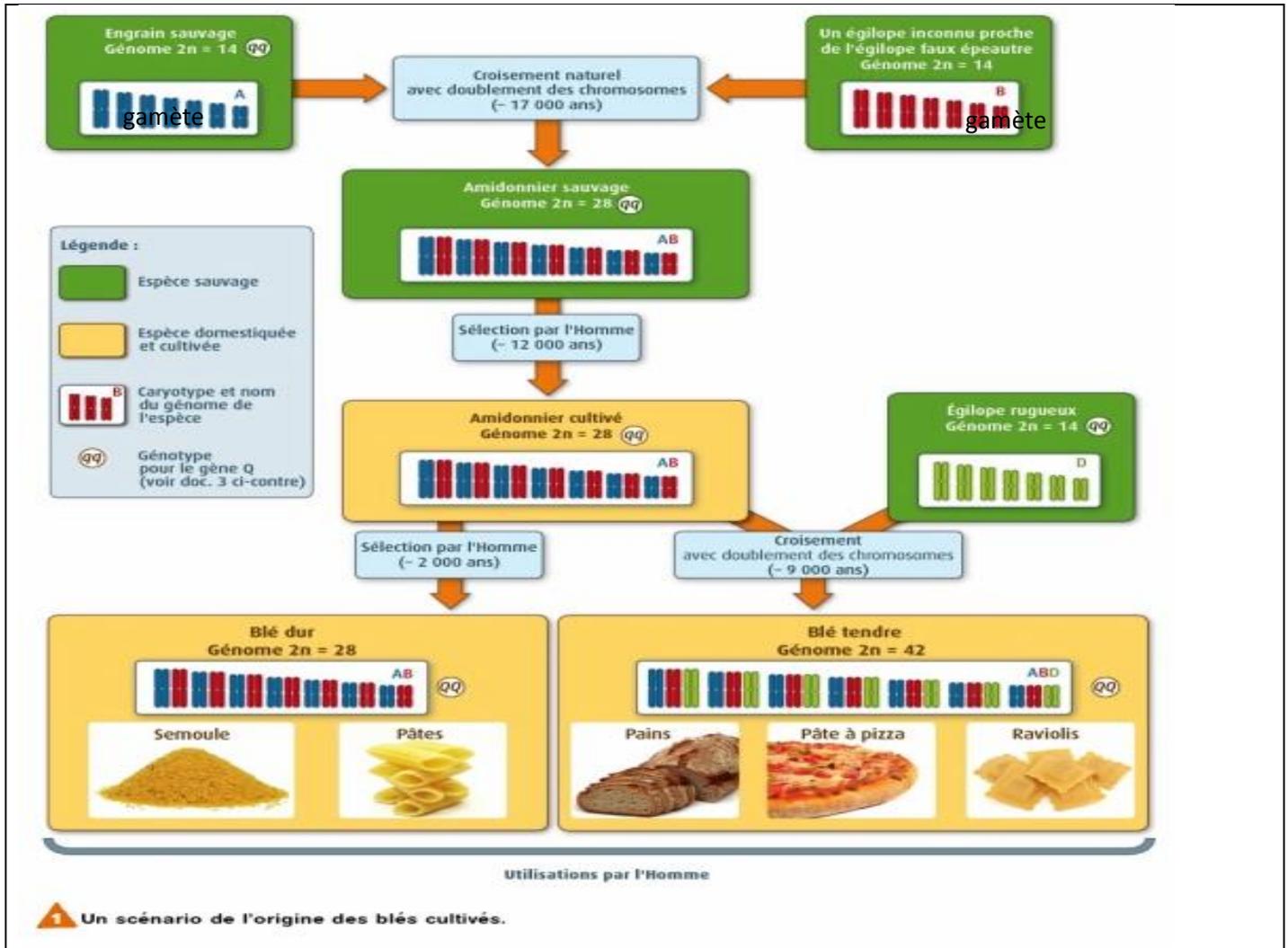
4 Le syndrome de domestication du blé. On qualifie de syndrome de domestication l'ensemble des caractères qui distinguent une espèce cultivée des espèces sauvages proches.

2°) Recherchez pour la forme sauvage et la forme cultivée, l'avantage de chacun des caractères pour la plante d'une part et pour l'Homme d'autre part. Déduisez-en pourquoi on ne trouve aucune espèce cultivée en milieu naturel.

Intérêt des caractéristiques des blés cultivés pour l'Homme: lors de la récolte, le rachis étant solide, c'est la totalité de l'épi qui sera récolté; la séparation des grains est facile et permet un tri plus simple des grains qui sont ainsi "prêts" pour leur transformation en farine; tous les grains arrivent à maturité en même temps, une seule récolte suffira ce qui représente un gain de temps et d'argent.

Par contre, pour les espèces sauvages, les caractéristiques évoquées favorisent la pérennité des espèces car les rachis étant fragiles, la dissémination des graines dans le milieu est facilitée et d'autre part ces dernières sont protégées par les glumelles; d'autre part, la maturation des graines est étalée dans le temps ce qui favorise les chances de maturation des graines qui dépend des conditions climatiques. Ces caractéristiques ayant disparu chez les espèces cultivées, la probabilité d'assurer la pérennité de ces espèces sans l'intervention de l'Homme est donc diminuée. C'est ce qu'on appelle le syndrome de domestication des plantes, ici du blé.

Les bases génétiques des blés cultivés (livre p.244)



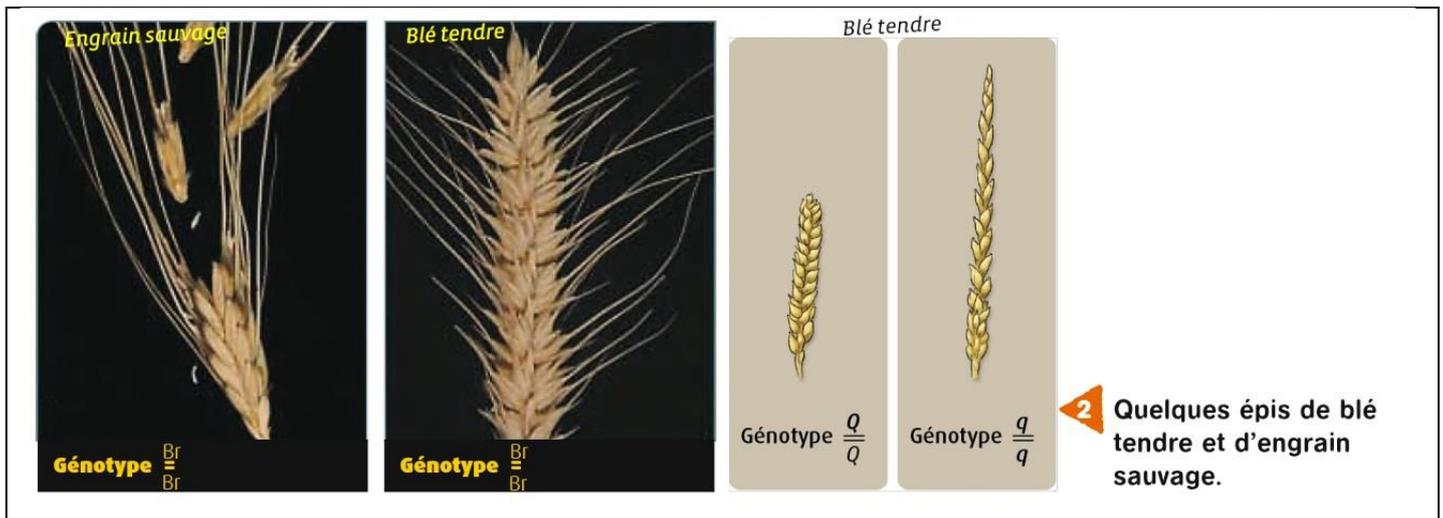
3°) Dans quelle autre partie du cours avez-vous déjà étudié ce genre de phénomène? => recherchez!
 A l'aide du document 1, identifiez plusieurs modifications génétiques spontanées survenues dans l'histoire des blés cultivés.

Le phénomène observé est qualifié de polyploïdisation caractérisée par une augmentation du nombre de chromosomes chez des hybrides issus d'un croisement entre deux individus d'espèces différentes. La polyploïdisation a déjà été étudiée dans le thème "Génétique et évolution Chap.II Diversification du vivant" avec l'exemple de la spartine qui est une graminée (ou poacée) comme le blé. On avait observé un phénomène identique de polyploïdisation à la suite d'une hybridation entre deux espèces différentes mais suffisamment proches pour donner une descendance au sein de laquelle il y a eu ensuite un doublement des chromosomes (le corrigé est en ligne sur le site <http://nfabien-svt.fr/courslycee/ts/theme2obli/ref02.htm>).

(A noter que les dessins montre le caryotype des gamètes de chaque espèce avec $n = 7$.)

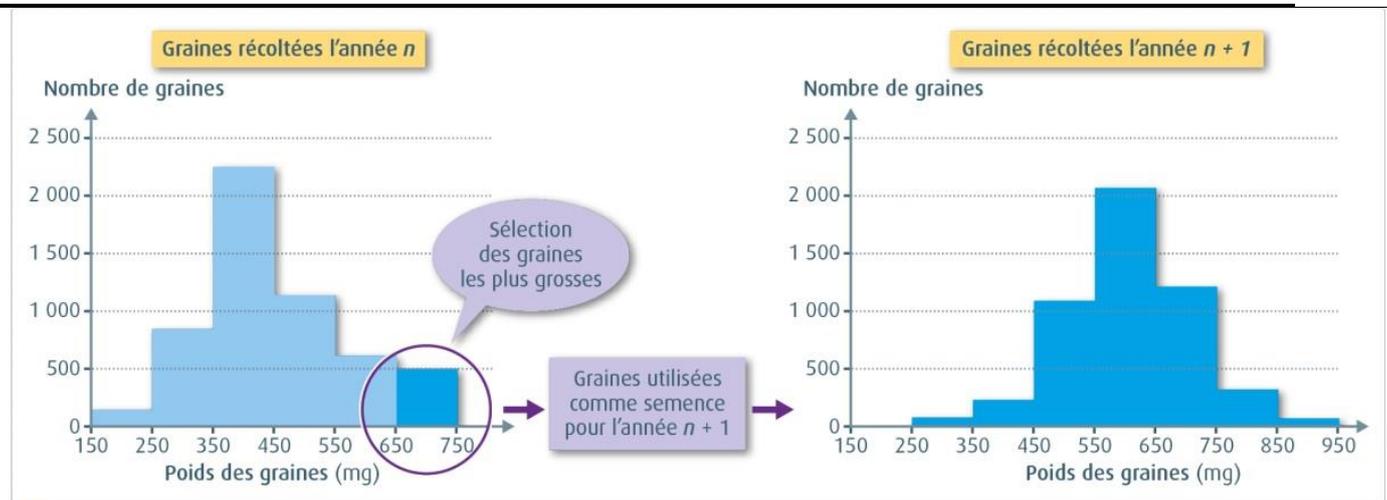
A plusieurs reprises, des modifications génétiques spontanées (donc sans intervention de l'Homme) sont survenues: une première fois chez l'hybride issu du croisement entre l'engrain sauvage et un égllope avec doublement des chromosomes: l'hybride obtenu, ou amidonnier sauvage possède alors $2n = 28$ chromosomes (- 17 000ans); une deuxième fois lors d'un

croisement spontané entre l'amidonniér cultivé à $2n = 28$ et l'égilope rugueux à $2n = 14$ (- 9 000ans) et qui donnera le blé tendre à $2n = 42$. (on peut remarquer que les gamètes sont à $n = 21$).



Gène	Allèles	Phénotype
<i>Brittle</i>	(Br) (br)	L'allèle <i>br</i> donne un rachis (axe de l'épi) solide
<i>Glume tenace</i>	(Tg) (tg)	Les plantes porteuses de l'allèle <i>tg</i> produisent des grains nus
<i>Q</i>	(Q) (q)	<ul style="list-style-type: none"> Les plantes porteuses de l'allèle <i>q</i> ont un épi cassant dont les grains sont vêtus. Celles qui ont l'allèle <i>Q</i> ont un épi compact et solide, dont les grains sont nus. La mutation à l'origine de l'allèle <i>Q</i> est apparue plusieurs fois au cours de l'évolution.

3 L'effet de quelques allèles sur les caractéristiques du blé.



4 Un exemple de sélection phénotypique. Durant fort longtemps, les agriculteurs ont, volontairement ou non, sélectionné des caractères phénotypiques qui leur étaient utiles en pratiquant la sélection phénotypique. Cette méthode, utilisée jusqu'au XIX^e siècle par tous les agriculteurs, a permis de faire évoluer empiriquement (sans connaissances en génétique) les espèces cultivées pour de nombreux caractères.

4°) A l'aide de ces documents, montrez que les caractéristiques des blés cultivés peuvent être associées à un petit nombre de gènes.

Trois gènes sont ici étudiés: un gène gouvernant le caractère "*Brittle*" (solidité ou non du rachis), un gène gouvernant le caractère "*Glume tenace*" (grain couvert ou nu) et un gène gouvernant le caractère "*épi cassant ou non avec glume ou non*". Chaque gène possède au moins deux allèles, ce qui traduit une certaine diversité génétique chez les espèces de blés.

5°) Indiquez quels caractères peuvent faire l'objet d'une sélection phénotypique.

Les caractères qui peuvent faire l'objet d'une sélection phénotypique intéressante pour la culture du blé sont:

- [rachis solide] avec génotype $(br//br)$, ce qui facilite la récolte.

- [grains nus] avec génotype (tg//tg), ce qui facilite la séparation des grains et la production de farine
- [épi compact et solide, grain nu] avec génotype (Q//Q), ce qui facilite récolte et séparation des grains.

6°) Montrez comment certains caractères liés à la domestication ont pu être sélectionnés par l'Homme.

Lors de la première récolte de graines, année n, on sélectionne celles qui ont une masse élevée, caractère intéressant pour la production de farine. Cela représente environ 500 graines de masse comprise entre 650 et 750 mg/graine. Le nombre total de graines étant d'environ 6000, cela représente 5/60 soit 8,3% des graines seulement.

Ces 500 graines sélectionnées pour leur masse, sont ensuite semées l'année n+1. On observe que les graines issues de cette nouvelle génération ont des masses plus importantes que celle de la génération n (masse de 950 mg par exemple pour certaines graine alors que les graines les plus lourdes de la génération n'atteignaient au maximum que 750 mg. Par exemple les graines de masse comprise entre 650 et 750 mg représentent cette fois 1200 graines sur un total récolté de graines de 5100 soit 23% des graines. La sélection a donc permis une augmentation globale de la production de graines plus grosses. Il s'agit d'une sélection empirique, empirique car basée sur l'observation et l'expérience sans base théorique en génétique ici.

Bilan 1:

Progressivement isolées des populations naturelles, les populations de plantes cultivées ont lentement divergé, du point de vue génétique, de leurs cousines sauvages. Une **sélection naturelle** s'est produite sous l'effet des pratiques culturales :

- **La diversité génétique naturelle s'est considérablement réduite.** Par exemple, les plantes dont le rythme de croissance était nettement plus lent ou plus rapide que la moyenne ont eu moins de chance d'être récoltées et semées. Génération après génération, les cycles de développement des individus sont donc devenus plus homogènes.

- **Des caractères normalement indispensables aux plantes sauvages ont été éliminés au profit de caractères mutés,** normalement défavorables dans la nature : par exemple, les graines capables de se détacher seules de la plante mère ont eu moins de chance d'être récoltées et semées que celles qui restaient attachées à la plante.

Ce processus a fait, en quelques siècles, apparaître des **plantes génétiquement mal adaptées à la vie sauvage**, et au contraire **bien adaptées à la vie domestique**.

Bilan2

Les agriculteurs cherchent depuis toujours à éliminer les plantes dont la croissance est anormale, celles dont la récolte est décevante... Inversement, ils conservent et resèment les semences des individus qui correspondent le mieux à leurs attentes. Répétée pendant des millénaires, cette **sélection empirique**, ou **sélection massale**, a contribué à **améliorer les performances des cultures, mais de façon lente et limitée** : la population végétale ainsi sélectionnée conserve une importante diversité génétique, si bien qu'elle présente des **caractères hétérogènes et variables d'une génération à l'autre**. De plus, seuls les **caractères directement perceptibles (aspect visuel, goût...)** peuvent être sélectionnés.

Pour chaque espèce cultivée, les critères de sélection ont pu varier selon les régions et les époques. Par ailleurs, **la sélection naturelle** (effets du sol, du climat...) **n'a jamais cessé de s'exercer** sur les populations de plantes cultivées, et les guerres, famines, voyages d'exploration... ont souvent perturbé ces processus évolutifs.

Tout cela a lentement différencié, au sein de chaque espèce cultivée, les populations les unes des autres. Ainsi, se sont formées des milliers de **variétés paysannes** (ou variétés-populations).

II/ La sélection scientifique des plantes cultivées

A Technique de croisement et biodiversité cultivée

La biodiversité des pommes cultivées Livre p.248-249

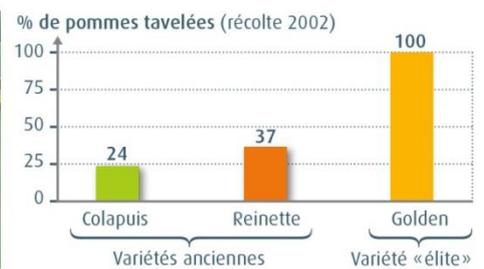
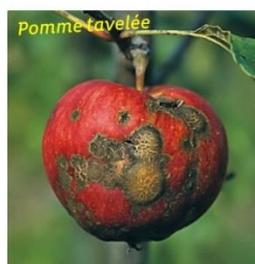
Variété (connue depuis ...)	Productivité	Aspect	Qualités gustatives	Conservation	Résistance à la tavelure	Teneur en vitamine C (mg/100 g de pomme)	Particularités
Calville du Roi (avant 1628) 	+	+	++	+++	+	15	<ul style="list-style-type: none"> Se conserve presque un an Se cultive bien en montagne
Granny Smith (1868) 	+++	+++	+++	+	-	6	Nécessite un climat doux
Golden Delicious (1890) 	+++	+++	+	+++	-	8	Difficile à cultiver en pays chauds
Ariane (1979) 	++	+++	+++	++	+++	5	Résultat de nombreuses hybridations (voir ci-contre)

1 Un échantillon de la diversité des pommes françaises. Environ 4 000 variétés de pommes ont été répertoriées en France. Certaines sont devenues très rares et l'on pense qu'environ 500 d'entre elles ne sont plus représentées que par un seul arbre. On distingue les variétés anciennes ou variétés de pays (Patte de loup, Calville du Roi, etc.), les variétés « élite » (Granny Smith, Golden Delicious, etc.) et les variétés issues de croisements entre les précédentes (voir ci-contre).

1°) Identifiez quelques caractères qui sont recherchés dans la sélection des variétés commercialisées à grande échelle.

⇒ **Noter que la variété Ariane semble très intéressante.**

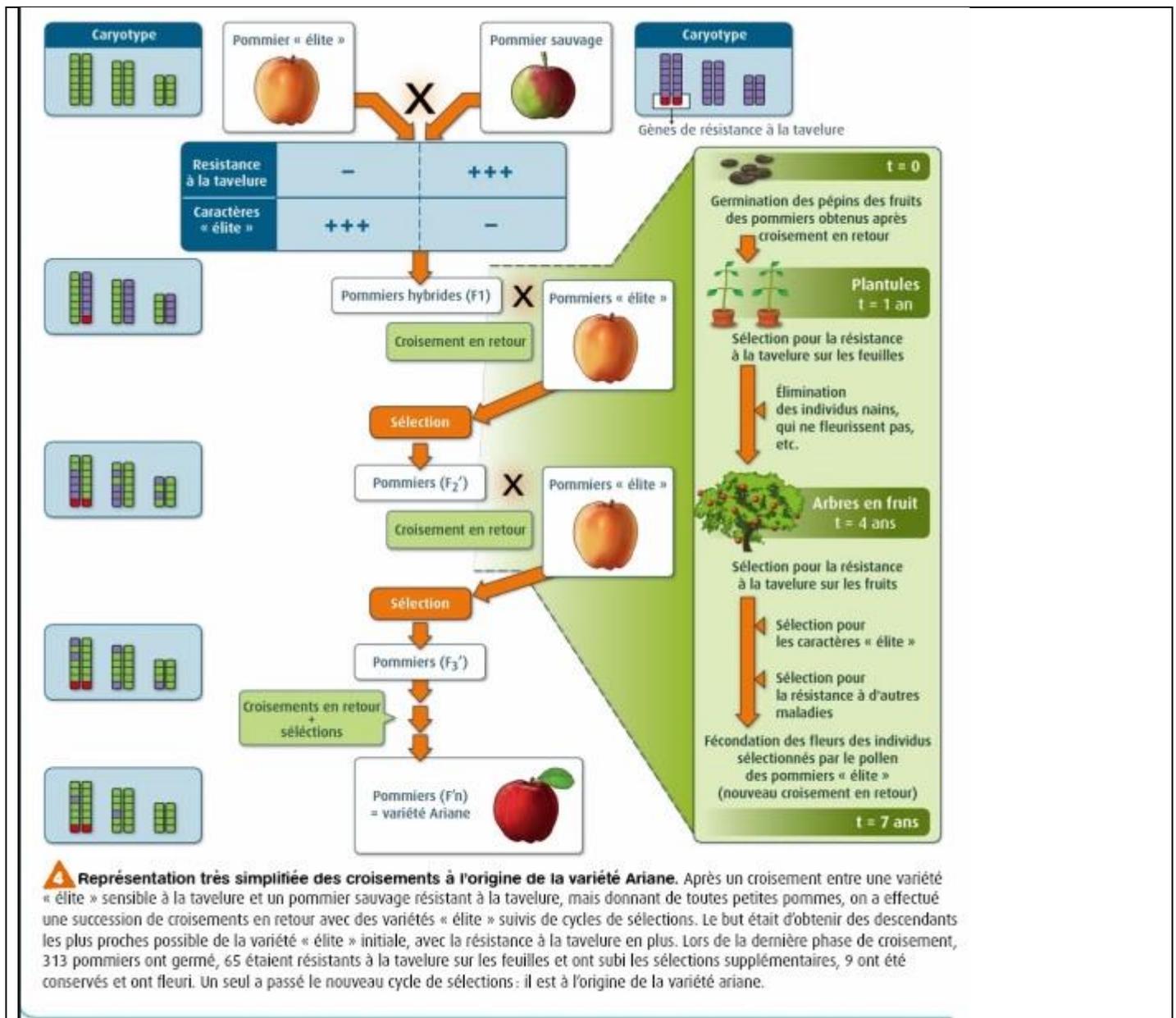
- En France, 1,7 million de tonnes de pommes sont produites chaque année. Dix variétés couvrent 93 % de la production. Toutes sont des variétés « élite ».
- La FAO estime que, depuis le début du siècle, quelque 75 % de la diversité génétique des plantes cultivées ont été perdues.
- Aux États-Unis, 97 % des variétés de fruits et légumes ont été perdues.



3 Pourcentage de pommes tavelées au moment de la récolte sur différentes variétés en l'absence de traitement fongicide. La tavelure est une maladie provoquée par un champignon. Les pommes atteintes (tavelées) sont traitées par des fongicides (jusqu'à 20 traitements par an).

2°) A l'aide des doc. 1 à 3 ci-dessus, montrez l'importance du maintien de la biodiversité cultivée.

⇒ **Noter la perte de diversité génétique des plantes cultivées et à mettre en relation avec le doc. 3: variété élite très sensible à la tavelure (comparer les %) et nombreux traitements fongicides! D'où des croisements qui permettraient de conserver le phénotype résistant à la tavelure tout en conservant les critères de productivité, de saveur, d'aspect...**



3°) A l'aide de vos connaissances sur la méiose et la fécondation, expliquez l'évolution du génome et du phénotype des pommes au cours des croisements. Quelles sont les limites?

On observe qu'à la suite du premier croisement pommier élite x pommier sauvage, l'hybride obtenu possède les caractères élite du pommier donc dominants. Il faut ensuite voir quels plants seront sensibles à la tavelure et effectuer une nouvelle sélection si nécessaire en ne conservant que les plants "élite" et "résistant" à la tavelure. Ce qu'on cherche à obtenir ce sont des variétés homozygotes ou variétés pures. On croise l'hybride obtenu au parent élite (croisement en retour). On observe que le gène de résistance à la tavelure est présent dans le génome des hybrides obtenus sur un des chromosomes d'une paire puis par croisement en retour à nouveau le gène se retrouve sur l'autre chromosome de la même paire. On observe donc un brassage génétique qui se réalise au moment de la fécondation mais aussi au moment de la méiose car les chromosomes observés présentent des gènes de la variété initiale avec des gènes de la variété sauvage sur le même chromosome: il y a eu des brassages intrachromosomiques au moment de la méiose. Il a fallu finalement 7 ans de sélection pour obtenir la variété Ariane! => voir ci-dessous pour les limites de ce type de sélection.

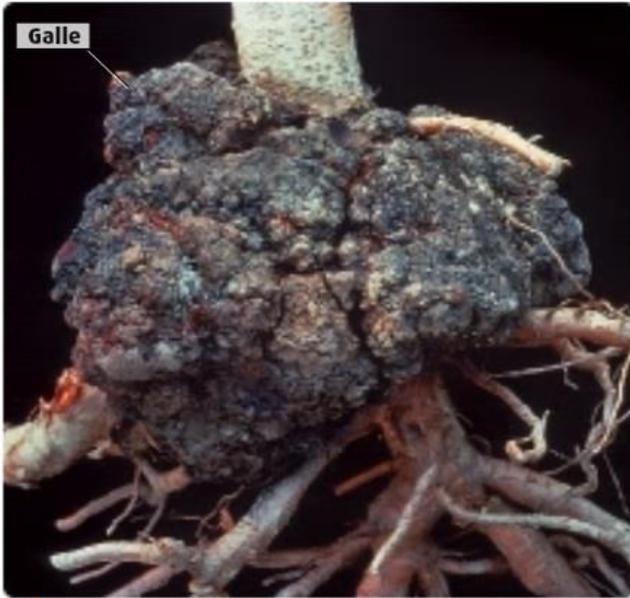
4°) Recherchez dans vos devoirs de l'année, un exemple déjà traité de ce type!

<http://nfabien-svt.fr/courslycee/ts/devoirfichier/d3.pdf>

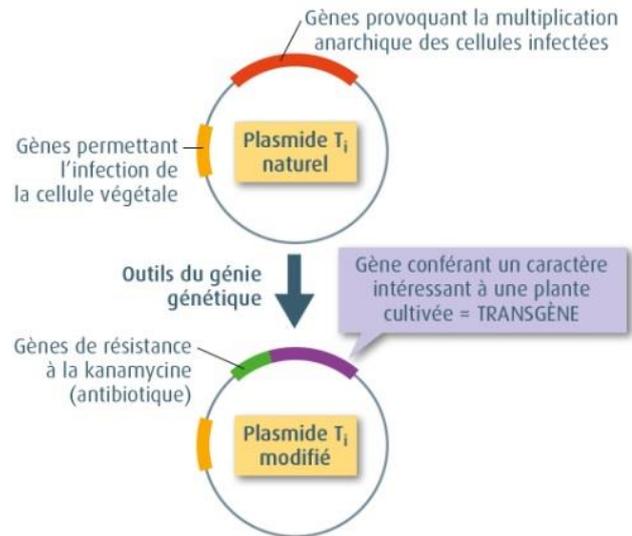
Bilan 3

Le scientifique sélectionneur effectue un tri dans la diversité des variétés-populations pour repérer les meilleures plantes. Celles-ci sont alors soumises à des **autofécondations successives**. A chaque génération, un **tri est effectué**, pour ne garder que les individus les plus intéressants. Le sélectionneur aboutit ainsi, en une dizaine de générations, à des **lignées pures** (ou **variétés lignées**), génétiquement **homogènes et stables**, qui peuvent être commercialisées. Mais chez certaines espèces, **l'homozygotie affaiblit considérablement les plantes de lignées pures**. Les croisements entre lignées pures servent alors à retrouver chez **l'hybride la vigueur** perdue : c'est **l'effet d'hétérosis**. Les croisements entre lignées servent aussi à obtenir des **variétés hybrides** combinant les caractères intéressants de chacun des deux géniteurs.

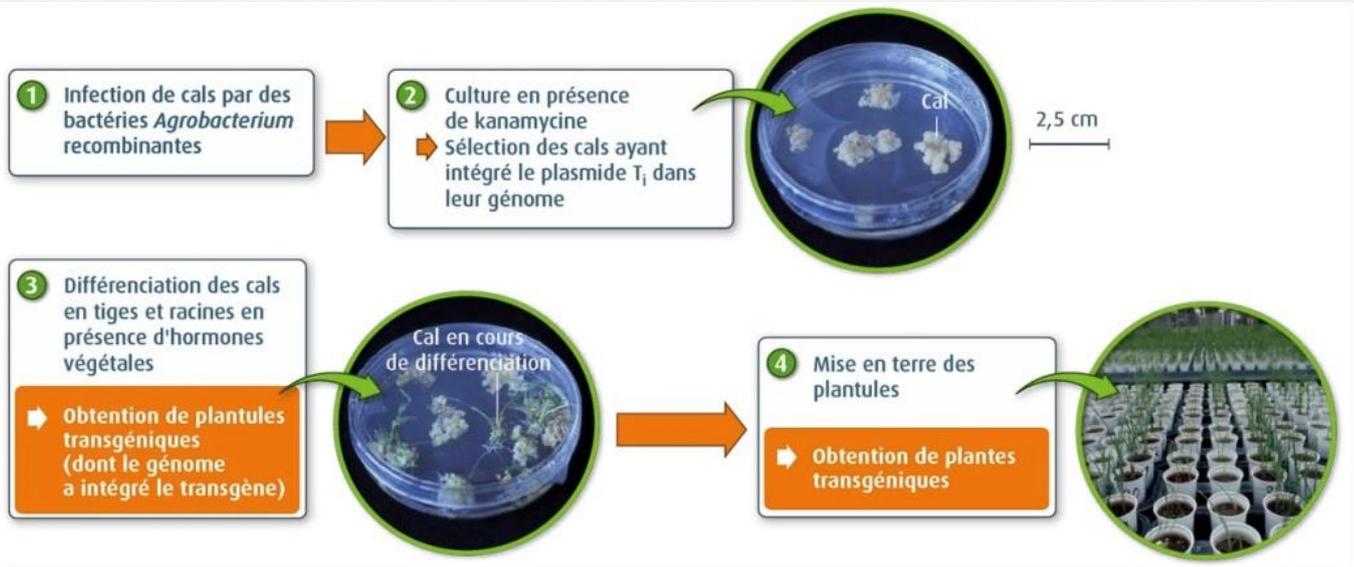
B Modifier et sélectionner les plantes au laboratoire : biotechnologies et génie génétique



1 Galle provoquée par l'infection d'un arbre par la bactérie du sol *Agrobacterium*. Au moment de l'infection, la bactérie injecte dans les cellules végétales un fragment d'ADN circulaire appelé plasmide T_i , qui s'intègre au génome de ces dernières et provoque leur prolifération anarchique.



2 La modification du plasmide T_i grâce au génie génétique. Les cellules végétales sont sensibles à la kanamycine. Le plasmide T_i modifié est intégré dans des bactéries *Agrobacterium*, qui sont alors dites recombinantes.



3 Les étapes de la transgénèse végétale. La transgénèse consiste à insérer, dans le génome d'une espèce, un gène d'une autre espèce (qualifié de transgène), afin d'introduire un nouveau caractère chez l'espèce de départ. La transgénèse végétale est pratiquée sur des cals (amas de cellules végétales indifférenciées obtenus par multiplication *in vitro* de cellules de la plante dont on veut modifier le génome). En présence d'hormones végétales, les cals se différencient en tiges et racines. Il s'écoule environ 2 ans entre la modification du plasmide T₁ et l'obtention des plantes transgéniques.

1°) Récapitulez les étapes de la transgénèse et déterminez l'un de ses avantages par rapport aux techniques de croisement.

2°) Doc.2 Indiquez quel élément doit être connu concernant le caractère à introduire dans une plante OGM.

Plante OGM	Caractéristique apportée par le(s) transgène(s)	Avantages	Risques/problèmes	Statut
Maïs « BT »	Production d'une protéine insecticide d'origine bactérienne contre la pyrale (insecte ravageur)	Réduction des coûts d'usage d'insecticides chimiques	<ul style="list-style-type: none"> Mortalité accrue des insectes pollinisateurs et auxiliaires Sélection d'insectes résistants à la protéine insecticide 	Commercialisé aux États-Unis depuis 1995
Colza « Round-up ready »	Tolérance à une forte quantité d'herbicide	Permet de désherber les champs après la germination du colza	<ul style="list-style-type: none"> Transfert des gènes de résistance à l'herbicide à d'autres plantes Utilisation accrue d'herbicide 	Commercialisé aux États-Unis depuis 1997
Tomate « Mac Gregor »	Augmentation de la durée de conservation de plusieurs semaines	Facilite le transport et la commercialisation	L'absence de pourrissement rend difficile la perception de la fraîcheur du fruit	Commercialisé aux États-Unis depuis 1994
Riz doré	Augmentation de la teneur en vitamine A	Réduction des carences en vitamine A (qui touchent 200 millions de personnes)	L'obtention d'un effet implique de consommer 9 kg de riz cuit par jour	En développement

4 Quelques exemples de plantes transgéniques ou plantes OGM (organismes génétiquement modifiés). Les agriculteurs qui souhaitent utiliser des plantes OGM doivent racheter des semences chaque année auprès de leur fournisseur. Ils sont donc dépendants d'un faible nombre d'entreprises (il existe une dizaine de fournisseurs importants de semences OGM dans le monde). Parfois, comme dans le cas du riz doré, plusieurs transgènes doivent être introduits pour obtenir le nouveau caractère voulu.

3°) Doc.4 Déterminez pour qui les différentes plantes OGM citées présentent un avantage.

Plante OGM (transgène)	Échanges de gènes entre variétés	Échanges de gènes avec des espèces sauvages
Betterave (gène de tolérance à un herbicide)	+	++
Carotte (gène de résistance à une maladie)	++	++
Maïs (gène de tolérance à herbicide)	++	0

++/+/0 : échanges importants/faibles/nuls

5 Une étude de quelques plantes OGM. Les espèces végétales échangent facilement leurs gènes, notamment par hybridation entre variétés ou entre espèces. On a évalué, en Europe, la fréquence des échanges de gènes entre plusieurs plantes OGM et des variétés de la même espèce ou des espèces sauvages proches. Contrairement au maïs, la betterave et la carotte ont été domestiquées en Europe.

4°) Doc.5 Identifiez s'il y a un risque lié à l'utilisation des plantes OGM citées. Expliquez pourquoi ce risque est plus élevé pour certaines espèces.

Bilan 4

Les techniques de transgénèse

A partir de 1970, les scientifiques mettent au point des techniques permettant de découper l'ADN, de visualiser les fragments obtenus, d'obtenir la séquence exacte des nucléotides. Ces découvertes sont utilisées pour rendre encore plus efficace la sélection végétale.

Elle est indépendante de la reproduction sexuée, ce qui permet de transférer des caractères provenant d'espèces très différentes (bactéries, animaux...).

Lors d'un croisement, de nombreux caractères sont modifiés chez les descendants. Avec la transgénèse, la plante qui reçoit le transgène conserve toutes ses autres qualités.