

Reconstituer l'histoire d'une plante cultivée : Le maïs

Le maïs : <http://www.afd.be/~plant-ch/mais.htm>

1 - L'origine du Maïs : La domestication* d'une plante sauvage

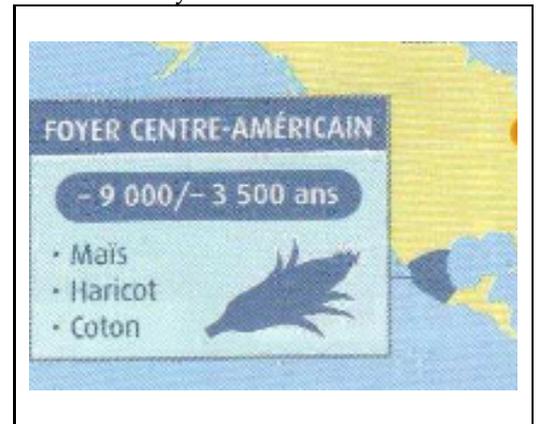
Domestication : processus de sélection artificielle de caractères phénotypiques réalisé par l'Homme à partir de plantes sauvages, qui est à l'origine des premières espèces cultivées

a) Une plante sauvage originelle : la téosinte

Au début du XXe siècle, un botaniste, le Russe Nicolăi Ivanovich Vavilov, parcourt le monde à la recherche de plantes cultivables utiles. Au cours de ses voyages, **il comprend que la zone d'origine d'une plante est probablement celle où poussent le plus grand nombre de variétés de celle-ci : son foyer***

Doc 1 : foyer

En suivant ce raisonnement, il situe en particulier l'origine du maïs en Mésoamérique (du Mexique au Costa-Rica). Après Vavilov, plusieurs botanistes américains s'intéressent à l'origine du maïs, et certains émettent l'hypothèse que son ancêtre sauvage est la Téosinte, une plante fourragère qui pousse notamment au Mexique et au Guatemala. Dolores Piperno, de la Smithsonian Institution, et Kent Flannery, de l'université du Michigan, ont daté de **4250 avant notre ère** environ trois spécimens de maïs très primitifs trouvés à Guila Naquitz, un abri sous roche de la vallée d'Oaxaca au Mexique.

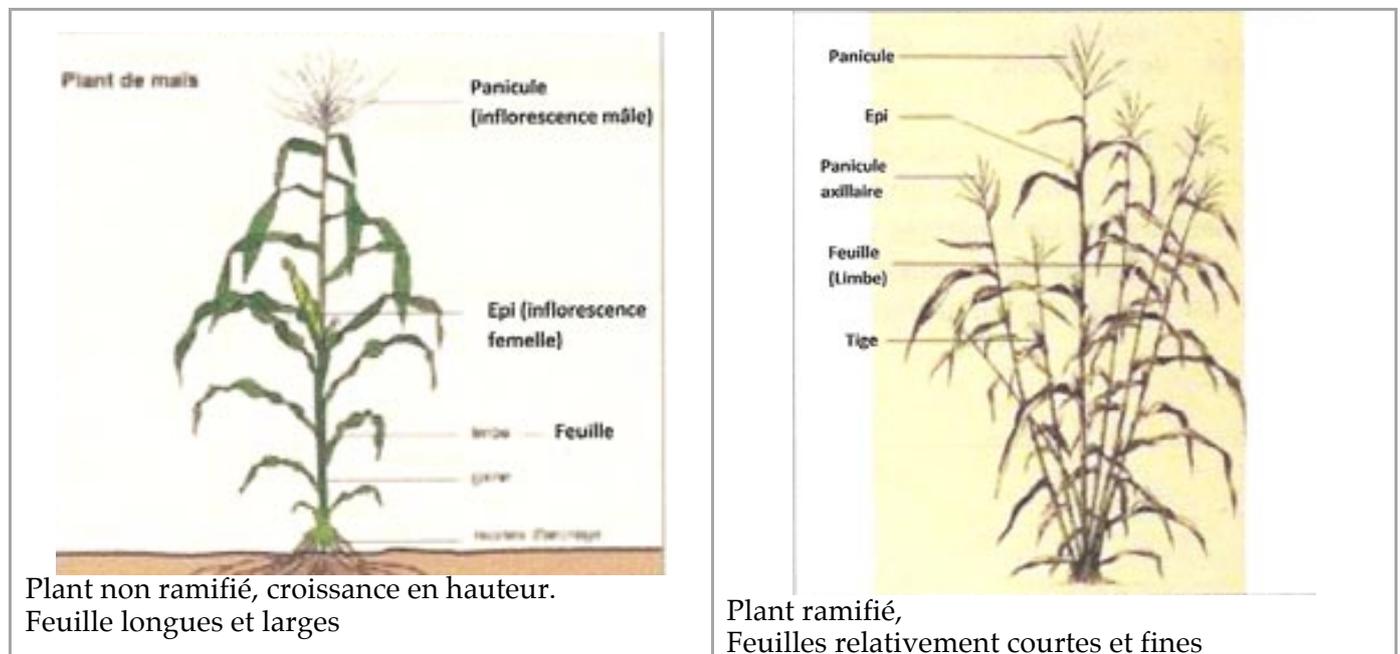


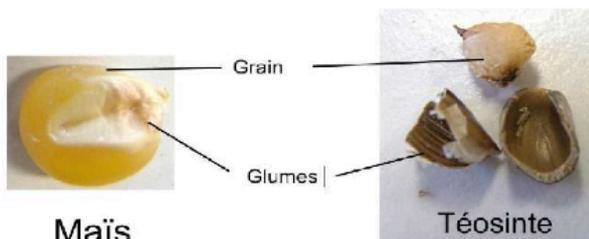
➤ Identifiez le foyer de domestication du maïs

Des caractères de ces trois spécimens prouvent, sans contestation possible, qu'ils appartiennent à une espèce qui dépend de l'homme pour sa survie.

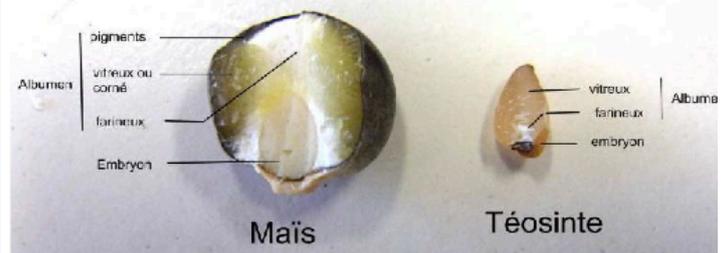
La domestication de la Téosinte était donc déjà bien avancée il y a plus de 6 000 ans.

Doc 2 : Comparaison de la téosinte et du maïs





Maïs
Les grains de Téosite sont entourés d'une cupule = glumes soudées.
Les grains de Maïs possèdent des glumes réduites



Les grains sont soudés les uns aux autres, à maturité les grains se détachent spontanément de l'épi et se dispersent.

Les grains de maïs ne se détachent pas spontanément, ils sont retirés de l'épi au moment de la récolte par les agriculteurs. Ils ne se dispersent pas spontanément

* *glumes : petites feuilles protégeant la fleur femelle.*

➤ *Comparer les plants de maïs et de téosite, puis les caractéristiques des épis et des grains*

b) Les premiers effets de la sélection massale*

*** L'Homme identifie dans les populations sauvages les individus qui présentent les caractéristiques intéressantes pour la culture. En récoltant les grains produits par ces individus et en les utilisant comme semence, il modifie de génération en génération les caractéristiques des espèces cultivées. Ils présentent finalement un ensemble de caractères utiles à l'Homme. L'ensemble de ces caractères constitue le syndrome de domestication. C'est un processus de sélection artificielle. (doc2 page 263)**

Doc. 3 : la sélection massale de la téosite

Les populations de téosite présentaient de nombreux variants. La sélection massale pratiquée par les premiers agriculteurs a consisté à choisir les plantes les plus intéressantes dans une population et à utiliser leurs graines comme semences pour la génération suivante.

Les données archéologiques indiquent qu'après quelques millénaires de domestication, les caractères du syndrome de domestication étaient présents chez les maïs cultivés (absence d'égrenage, disparition de la coque entourant chaque grain chez le téosite, augmentation du nombre de rangées de grains) ;

Un autre caractère tôt sélectionné a été la transformation de la morphologie de la plante : le téosite a une tige très ramifiée alors que chez le maïs, il y a une tige centrale avec deux ou trois ramifications courtes terminées par une inflorescence femelle.

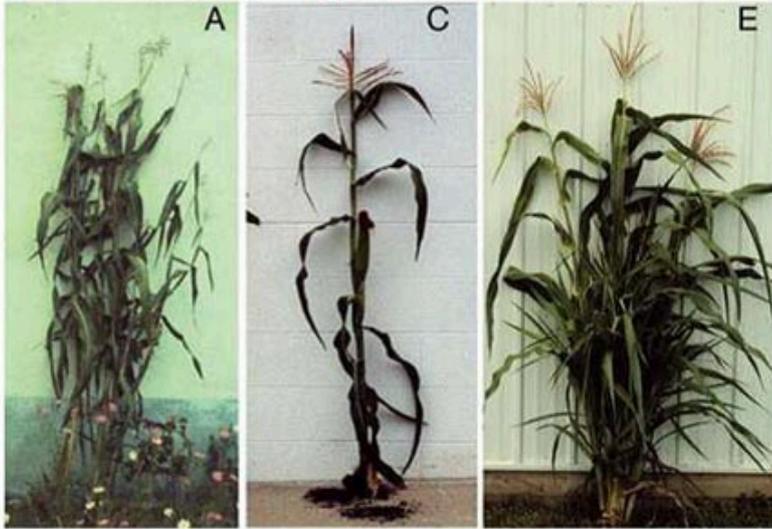
Cet exemple du maïs permet d'opposer la **sélection artificielle** à la **sélection naturelle** étant donné que les phénotypes retenus par la sélection artificielle auraient été éliminés par la sélection naturelle.

Bien entendu, les agriculteurs de l'époque ignoraient tout des bases génétiques des phénotypes qu'ils sélectionnaient.

Doc 4 : des découvertes récentes sur l'organisation du plant de maïs

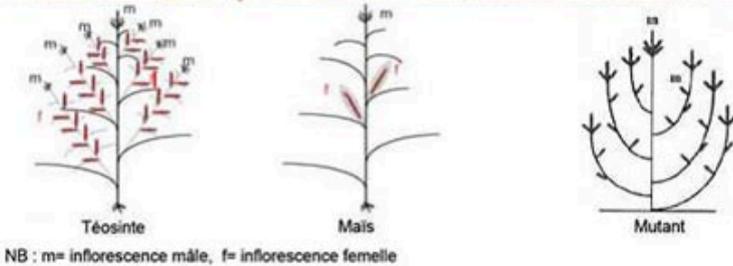
Un mutant de maïs : le mutant tb1 (teosinte branched 1)

Les chercheurs ont isolé un mutant du maïs présentant une architecture étrange. Les images en montrent les caractéristiques par rapport à un pied de maïs normal et par rapport à la téosinte.



A : plant de téosinte
 C : Pied de maïs normal
 E : Pied de maïs mutant (tb1)

REMARQUE : Le croisement entre maïs normal et mutant (jouant le rôle de plante mâle) engendre une population d'hybrides F1 ayant tous le phénotype normal. En F2 (F1 x F1) sur 99 plantes, 72 ont le phénotype normal et 27 le phénotype mutant.



Les différences principales entre les 3 types de plantes sont schématisées ci-contre.

Source : The genetics of Maize evolution
 John Doebley Annual review of genetics
 2004 38.37-59

Doc 5 : des découvertes récentes sur l'organisation du grain de maïs

Le gène TGA1

Le gène Tga1, présent chez la téosinte et le maïs est responsable de l'architecture des enveloppes du grain. Chacune de ces plantes présente un allèle différent de ce gène à l'état homozygote : l'allèle tga1 est présent en double exemplaire chez la téosinte alors que le maïs possède l'allèle Tga1 en double exemplaire. L'allèle Tga1 induit une taille plus faible de glume et s'avère moins favorable que tga1 en milieu naturel car moins protecteur des grains contre les parasites. Des expériences de croisement de téosinte présentant une mutation de l'allèle tga1 (produisant une séquence nucléotidique proche de celle de l'allèle Tga1) avec des maïs actuels donnent naissance à des formes d'épis intermédiaires se rapprochant de ceux datant de 5300 ans découverts au Mexique.

Doc 6 : comparaison des gènes Tb1 et TGA1 chez le Maïs et la téosinte

<p>Alignement multiple de séquences peptidiques :</p> <p>Identités des séquences</p> <p>L'alignement comprend 132 acides aminés</p> <p>-> 128 acides aminés identiques (représentés par le signe *)</p> <p>-> 0 acides aminés très ressemblants (représentés par le signe :)</p> <p>-> 1 acides aminés ressemblants (représentés par le signe .)</p> <p>soit 97,0 % d'identité, et 97,7 % de ressemblance</p>	<p>Alignement multiple de séquences d'ADN :</p> <p>Identités des séquences</p> <p>L'alignement comprend 456 bases</p> <p>-> 435 bases identiques (représentées par le signe *)</p> <p>soit 95,4 % d'identité</p> <p>soit 4,6 % de différence</p>
--	---

➤ *Comment expliquer, aujourd'hui, les transformations liées à la domestication de la téosinte (syndrome de domestication).*

2 – Une sélection variétale* à l'origine des espèces cultivées : une amélioration des cultures

Au cours de siècles qui ont suivi la domestication, l'homme a continué d'exercer une pression de sélection. Les espèces cultivées ont suivi les migrations humaines.

Si la sélection a toujours poursuivi le même objectif à savoir la recherche des plantes les plus avantageuses, les caractères retenus ont été différents d'un endroit à l'autre de la planète; en fonction des différentes conditions environnementales et des différentes cultures.

La sélection massale, empirique, exercée par l'homme a contribué à la formation de nombreuses variétés dites paysanne, c'est-à-dire des populations dont les individus présentent : des caractéristiques communes sur le plan morphologique et agronomique, une bonne adaptation au milieu dans lequel ils sont cultivés, une faible diversité génétique.

Entre deux étapes de sélection, les recombinaisons génétiques liées à la reproduction sexuée se font naturellement, sans aucun contrôle de la part de l'homme.

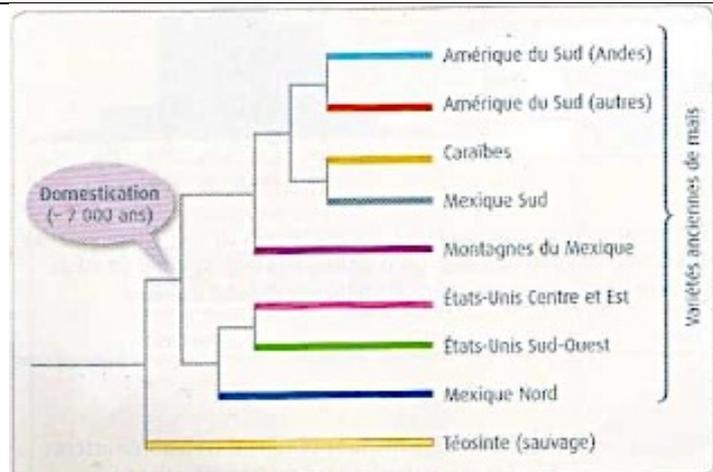
Les plantes sélectionnées ne sont par conséquent ni identiques à celles de la génération précédente ni identiques entre elles.

Doc 7 : sélection variétale du maïs

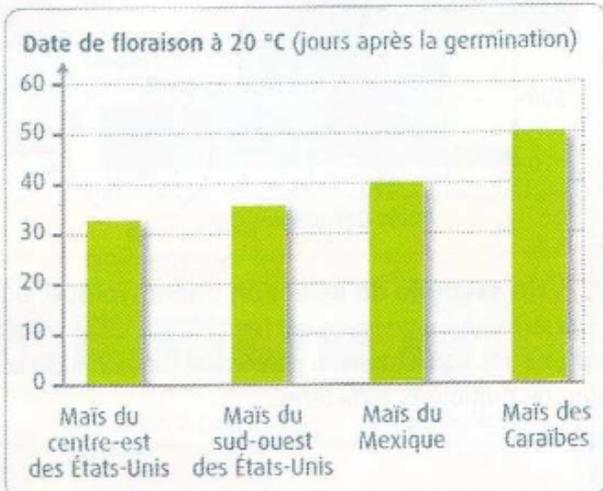
A partir d'un événement unique de domestication qui a eu lieu au centre du Mexique (- 7000 ans), en zone tropicale, des variétés cultivées différentes ont été sélectionnées de proche en proche au fil des migrations et échanges entre les populations.

Dans les différentes régions, les variétés ont été acclimatées en sélectionnant des propriétés différentes en fonction des contraintes de l'environnement.

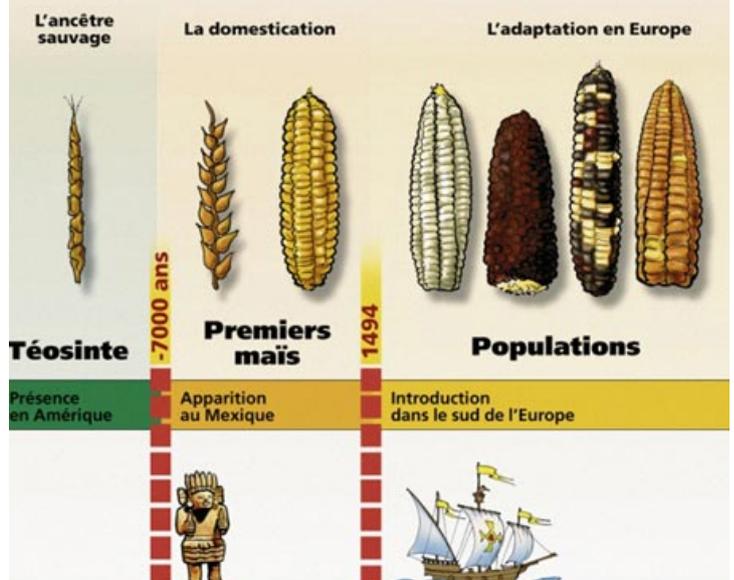
NB : Zone tropicale = saison chaude longue, plus au nord = saison chaude plus courte



2 Relations de parenté entre la téosinte et les variétés anciennes de maïs américain. On observe un unique événement de domestication des maïs à partir de la téosinte. Les différentes populations amérindiennes ont ensuite effectué une sélection artificielle à l'origine des diverses variétés anciennes de maïs (sélection variétale).



3 Date de floraison de quelques variétés anciennes de maïs d'Amérique du Nord. Plus les variétés sont au sud, plus elles sont tardives, c'est-à-dire exigeantes en chaleur pour la floraison. Par ailleurs, les variétés de la zone tropicale ont une plus forte productivité (jusqu'à 3 mètres de hauteur) que les variétés du nord (2 mètres de hauteur maximum).



la maïs est introduit en Europe après la découverte des Amériques, au XV ième siècle.

➤ Retrouver l'origine des différentes variétés de maïs

3- L'amélioration

La découverte de la sexualité des plantes (vers 1700) puis de la génétique au début du 20^{ème} siècle a jeté les bases scientifiques de l'amélioration des plantes.

L'apparition d'une nouvelle variété n'est plus le fruit du hasard de l'hybridation naturelle* ou de mutation. L'améliorateur ne se limite pas à exercer une seule pression de sélection, il dirige l'évolution en orientant l'hybridation.

L'hybridation classique consiste au croisement d'individu identifié comme étant de lignée pure présentant des caractères intéressants.

Dès la fin du 19^{ème} siècle, l'hybridation et la sélection généalogique permettent d'obtenir de nouvelles variétés qui sont des lignées pures* (document p264).

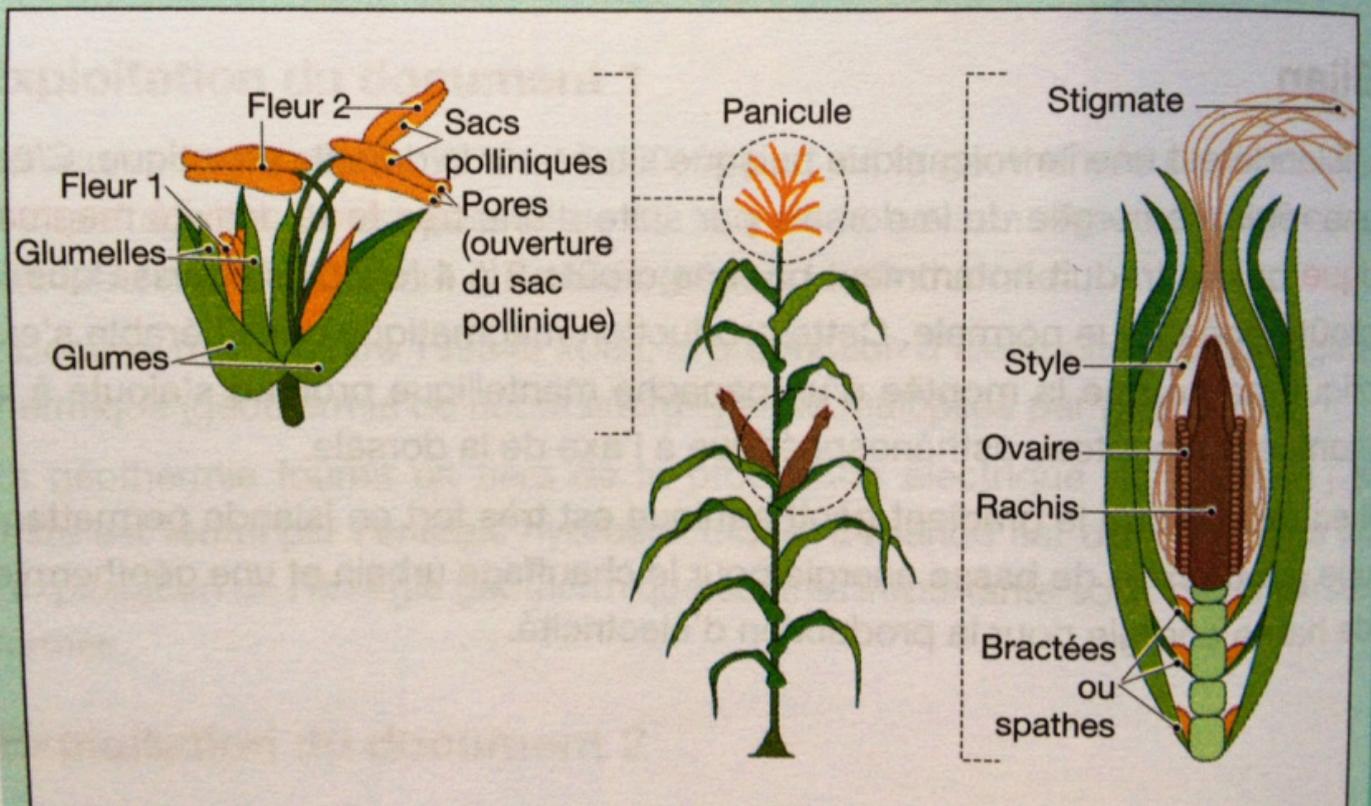
Chez le maïs, plante allogame, ces techniques ne sont pas performantes car les lignées pures sont peu productives (effet dépressif de la consanguinité). Durant la première moitié du 20^{ème} siècle se développe, aux USA, la création de variétés hybrides F1, une technique qui se répandra en France à partir des années 1950. Actuellement, les maïs cultivés sont dans leur grande majorité des hybrides.

L'obtention des hybrides F1 repose sur les principes suivants (document p265) :

- Création de lignées pures qui servent de parents aux futurs hybrides par autofécondations successives, pour fixer les caractères d'intérêt (au départ, on sélectionne des plantes des "variétés populations" ayant des caractères intéressants) ; à cause de la consanguinité, les individus de ces lignées pures sont peu vigoureux.
 - Croisement entre lignées pures aux propriétés complémentaires de façon à obtenir des hybrides F1, puis sélection des hybrides F1 les plus intéressants parmi ceux obtenus.
- Les hybrides F1 bénéficient de ce qu'on appelle la vigueur hybride : croissance plus importante, épis plus gros à grains plus nombreux tout en combinant les caractères recherchés des deux lignées (du moins les caractères dominants). Le sélectionneur recherche parmi les lignées parentales celles qui donnent les meilleurs hybrides lorsqu'elles sont croisées. Les hybrides F1 ont le même génotype et constituent donc une variété homogène.

DOCUMENT 8 Le pied de maïs et ses inflorescences

Un pied de maïs présente deux types d'inflorescences (groupes de fleurs), les unes situées à l'extrémité de la tige, les autres (les épis) à l'aisselle des feuilles.



4 – Biotechnologie : la création de maïs transgéniques

Les techniques du génie génétique sont actuellement utilisées dans le but de produire de nouvelles variétés de plantes cultivées. Le maïs est l'exemple emblématique pour réfléchir aux problèmes de **création de nouvelles variétés par transgénèse**

a) Les étapes de la transgénèse.

Les maïs Bt sont des variétés de maïs qui ont été modifiées génétiquement par l'ajout du gène leur conférant une résistance aux principaux insectes nuisibles du maïs, entre autre une pyrale : la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*. Le terme Bt fait référence au *Bacillus thuringiensis* dont on a extrait le gène codant la toxine Cry1Ab.

En 2003, la surface de maïs transgénique Bt plus tolérante à un herbicide, occupe 12,3 millions d'hectares, correspondant à 18 % de la surface d'OGM totale cultivés dans le monde (source ISAAA, données 2003).

Document 9 : création d'un maïs transgénique.

<http://www.universcience.tv/video-mgm-mais-genetiquement-modifie-805.html>

- Retrouver les étapes d'une transgénèse.

b) Les OGM en discussion.

Cette technique revêt plusieurs avantages...

- La toxine Cry1Ab n'est active que sur les insectes, aucune toxicité n'a été mise en évidence, ni pour les animaux domestiques ni pour l'homme.
- La toxine est produite principalement dans les parties vertes de la plante, qui ne sont jamais consommées par l'homme ;
- Les premiers essais ont montré une remarquable efficacité de ces maïs (voir tableau ci-dessous) ;

Document 10

Date d'infestation par la Pyrale	Maïs Bt Pourcentage de mortalité larvaire	Insecticide chimique : Chlorpyrifos-éthyl
24 juin	100%	72%
8 juillet	100%	98%
22 juillet		73%
6 août	100%	
20 août	93%	

Comparaison de l'efficacité de différents traitements contre la pyrale de maïs : d'après Labare et al 1992

- Les larves vivent à l'intérieur de la plante, dès leur éclosion, elles sont éliminées avant d'avoir pu provoquer des dégâts ;
- La toxine insecticide produite dans la plante est protégée des conditions climatiques, pluie ou rayonnements ultraviolets.

En 1995 la culture du maïs transgénique a été autorisée aux Etats-Unis, en 1996 au Canada et en novembre 1997 en France. En 1997 elle a représenté 10 % des surfaces cultivées en maïs aux Etats-Unis.

...mais des inconvénients ?

Doc. 11

En 2011, une étude compilant 154 articles scientifiques sur l'impact de la protéine Cry conclut à l'innocuité des plantes Bt sur les insectes non cibles étudiés (y compris ceux du sol). Ces études sont obligatoires dans les dossiers de demande d'autorisations (dossiers d'évaluation des risques). Elles sont également produites dans le cadre de recherches fondamentales. Ces études doivent être faites au cas par cas, plante par plante et insecte par insecte et dans les conditions « naturelles » de culture. Des effets toxiques en laboratoire ont pu être observés dans certaines expériences, dus le plus souvent à une alimentation trop éloignée de la réalité.

Les abeilles ne sont pas sensibles aux toxines Bt, mais peuvent être sujettes à une exposition importante au pollen de ces maïs Bt. le pollen du maïs Bt est peu collecté si les abeilles ont d'autres sources de pollen à proximité.

Une étude parue en mars 2013 sur des colonies d'abeilles étudiées au champ montre que les abeilles ayant exclusivement butinées du maïs Bt ne présentent aucune différence quant à la mortalité, le poids ou la

digestion du pollen. Les chercheurs ont également montré que 98% des protéines Cry issues du maïs Bt étaient détruites dans le tube digestif des abeilles.

Comme pour toute autre culture, les agriculteurs doivent surveiller régulièrement le développement des insectes ravageurs même s'ils cultivent un maïs Bt très efficace contre la pyrale.

En effet, la lutte spécifique contre un insecte comme la pyrale dans le cas du maïs Bt peut, dans certains cas, engendrer l'apparition et la multiplication d'insectes qui sont généralement peu présents de par l'élimination de leurs prédateurs ou concurrents.

En Chine, par exemple, des punaises en grand nombre ont été observées dans certains champs de coton résistants spécifiquement au ver de la capsule du cotonnier (lépidoptère nuisible). Ce phénomène n'est pas nouveau, ni spécifique aux OGM, mais il illustre la nécessité d'une lutte globale (intégrée) contre les insectes nuisibles, en recherchant des solutions efficaces tout en évitant des déséquilibres.