

TP n° 18 : La domestication d'une plante : le maïs

Depuis 10 000 ans, les Hommes ont modifié les végétaux qui les environnent. Ainsi des coureurs du Paris-Dakar, ont pu observer dans les pays où se déroulaient leur course, des épis de maïs au Pérou avec des grains de taille et de couleur étonnantes. Le maïs est une céréale, utilisée autant pour les hommes (farine, jus de fruits, cuit à l'eau ...) que pour les animaux. La couleur et la taille des grains de maïs sont dus à des mutations, ce qui crée de nombreuses variétés n'ayant pas toutes les mêmes qualités. Toutes ces variétés proviennent d'une forme ancestrale sauvage du maïs, la téosinte, que les hommes ont modifié.



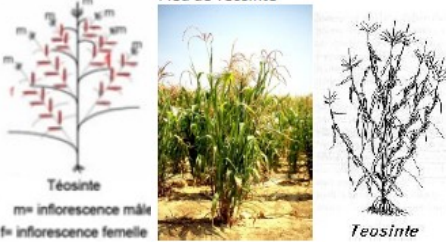
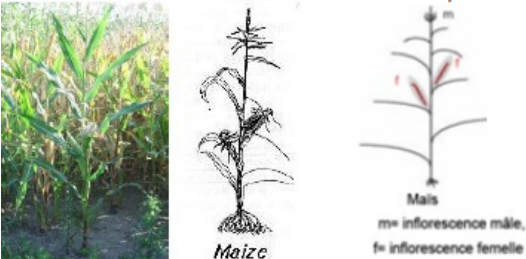
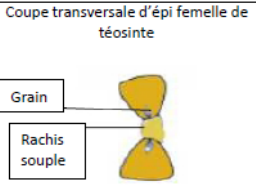
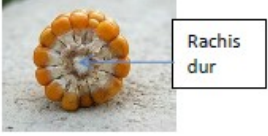

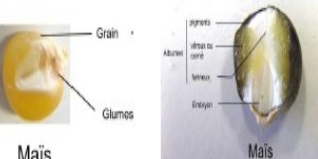
Problématique : Comment expliquer ces modifications faites par l'Homme pour son profit ?

Hypothèse : Pour être passée de la téosinte au maïs actuel, il y a eu des modifications génétiques : polyploïdisation, croisements entre espèces... toujours en essayant de privilégier la taille des épis, des grains, la résistance aux attaques naturelles, la richesse en protéines... Le maïs est la 3^{ème} céréale du monde ; son amélioration est donc un enjeu important pour une forte population.

On va donc étudier les séquences de gènes du développement du maïs actuel et de la téosinte, afin de voir leurs similarités, et ce qui a été modifié. On va également regarder s'il y a de l'amidon dans les grains de maïs, ce qui sera révélé par l'eau iodée, afin de rechercher la nature des réserves du grain de maïs.

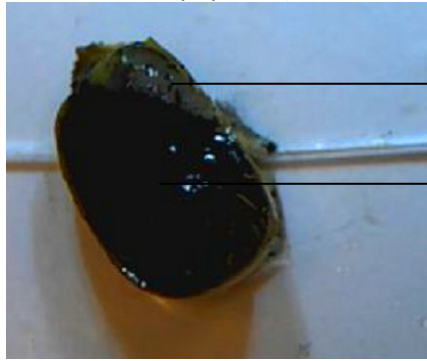
Expliquez aux coureurs comment l'Homme a pu « domestiquer » la téosinte afin de l'améliorer pour son profit et obtenir cette diversité. Le présentez dans un tableau.

I. Comparaison du maïs et de son ancêtre

Nom de l'espèce	Téosinte	Maïs traité (à pop corn)	Maïs non traité
Poids (10 grains)	0,6g	1,7g	3,5g
Taille et forme d'un épi	 <p>Epi = 5cm + grains petits → faible rendement</p>		Epi = 15-20 cm + beaucoup de grains plus gros → rendement plus rentable.
Architecture du pied	 <p>Téosinte = beaucoup de tiges avec ramifications, grains facilement détachables.</p>	 <p>Maïs = 1 seule tige + peu de ramification</p>	
Rachis	 <p>Rafle souple = grains se disséminent facilement et récolte difficile.</p>	 <p>Rafle dur = pas de dispersion des grains, mais dissémination nécessite l'aide de l'Homme.</p>	
Grain	 <p>Grains petits avec glume épaisse (contraire du maïs).</p>	 <p>Maïs = grains soudés, non détachables → plus facile à récolter, mais reproduction non indépendante.</p>	
Réserve	Les réserves contenues dans l'albumen des grains de téosinte, et de maïs jaune sont les mêmes = amidon.		

Expérience : Coupe longitudinale de grains de maïs

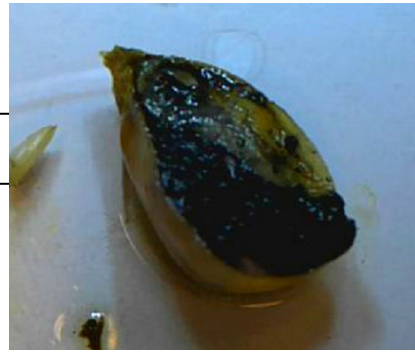
Traité (pop corn)



Embryon

Amidon ayant réagi avec l'eau iodée

Non traité



L'embryon est plus gros dans les grains de maïs non traité que dans les grains de maïs traités. Ainsi, il est davantage utilisé pour la reproduction. Cependant, il y a plus d'amidon dans les grains de maïs non traité, ce qui les rend plus nutritifs.

L'Homme a domestiqué la téosinte : il l'a transformé à son profit pour augmenter le rendement, en modifiant le port des grains de maïs, ce qui facilite la récolte ; et en augmentant taille des épis, le nombre de grains, leur masse, leur taille pour avoir plus d'amidon dans les réserves de grains.

Les modifications ont aussi rendu les glumes protectrices inefficaces car elles sont devenues réduites et souples, facilitant encore plus la récolte, et rendant le maïs incapable de se reproduire sans l'aide de l'Homme.

II. Modification faites par l'Homme pour domestiquer la téosinte

On va croiser du maïs mutant avec du maïs normal, puis le résultat sera croisé avec de la téosinte. Le résultat de la F2 (pas de test cross) donne un rapport $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$. On en déduit qu'un seul gène déterminant est responsable du port du maïs.

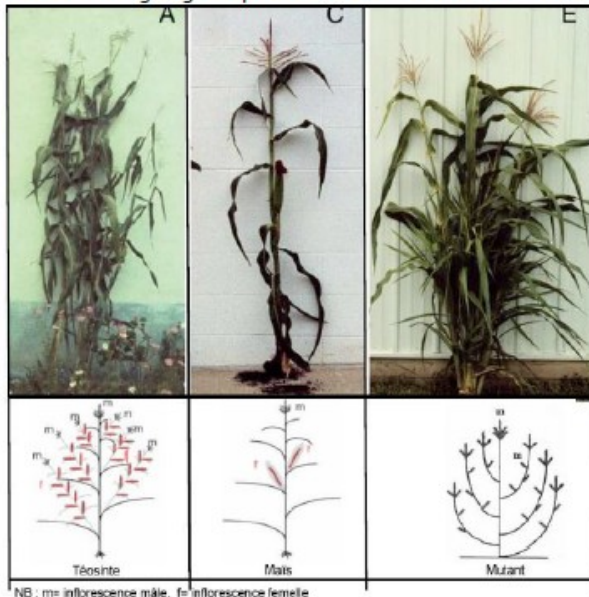
Anagène : Comparaison des séquences du gène tb1 entre le téosinte et le maïs

```
Alignement multiple de séquences peptidiques :  
Identités des séquences  
l'alignement comprend 132 acides aminés  
-> 128 acides aminés identiques (représentés par le signe *)  
-> 0 acides aminés très ressemblants (représentés par le signe :)  
-> 1 acides aminés ressemblants (représentés par le signe .)  
soit 97,0 % d'identité, et 97,7 % de ressemblance
```

On observe que les séquences sont identiques à quelques exceptions près, notamment une délétion de 2 acides aminés. Grande ressemblance des gènes tb1, avec peu de différences (98,7% d'identités entre les gènes tb1). La différence morphologique entre plante cultivée (maïs) et plante sauvage (téosinte) ne s'explique pas par des mutations au niveau de la séquence codante du gène tb1.

Un changement de l'expression du gène pourrait-il alors être la cause du changement phénotypique ?

Document 4 : Le gène *tb1* (*teosinte branched 1 gene*) et l'architecture du maïs et de la téosinte
 Doebley et son équipe ont recherché l'origine génétique des différences dans l'architecture des pieds de maïs.



Ce mutant est croisé avec un Maïs normal (Photo C) (Homozygote, 2 allèles *tb1* Maïs) :
 En F1 on obtient 100% phénotypes normaux
 et en F2 : (F1 x F1) sur 99 plantes, 72 ont le phénotype normal et 27 le phénotype mutant.

Ce mutant est croisé avec une Téosite (Photo A) (Homozygote, 2 allèles *tb1* Téosite) :
 En F1 on obtient 100% de phénotypes Téosite
 et en F2 : (F1xF1) sur 98 plantes, 75 ont le phénotype normal et 23 le phénotype mutant.

Gène *tb1* et conséquences de ses mutations : ANAGENE 2 dans SAUVE, dossier DEVELOPPEMENT, fichier Gènes du développement maïs → *tb1_teosinte-mais.edi*

Anagène : Comparaison des séquences du gène *tga1* entre le téosite et le maïs :

Alignement multiple de séquences d'ADN :

Identités des séquences

l'alignement comprend 456 bases

→ 435 bases identiques (représentées par le signe *)

soit 95,4 % d'identité
 soit 4,6 % de différence

Lorsqu'on compare la croissance des glumes, on s'aperçoit que leur différence provient d'une mutation au niveau du gène *tga1*.
 Sur, Anagène, on remarque que les séquences sont très peu différentes. On a seulement une substitution en position 6 qui modifie un acide aminé. Cela confère des propriétés nouvelles au maïs : la glume n'adhère plus à la graine.

De la même manière, la couleur et la teneur en glucides des grains de maïs ont une fonction différente car un certain nombre de gènes interviennent. Au niveau génétique, on s'aperçoit que des mutations et des combinaisons de différents allèles sont à l'origine de la diversité des compositions différentes dans les grains.

Il y a donc eu création de nouvelles variétés de maïs par hybridation.

Conclusion :

L'Homme a domestiqué la téosite par des modifications génétiques diverses affectant aussi bien les gènes de développement que les gènes dirigeant la couleur ou la teneur des grains en glucides. Il a sélectionné ainsi les variétés les plus intéressantes pour son profit, selon plusieurs critères, et a cherché à obtenir de nouvelles variétés hybrides cumulant plusieurs de ces critères.

Le phénotype mutant est dans les 2 cas minoritaire. On observe en effet que les branches sont terminées par des bourgeons terminaux qui exercent une dominance sur les bourgeons auxiliaires, ce qui les empêche de se développer et se ramifier. On observe également une augmentation de la quantité d'ARNm fortement exprimée chez le maïs au niveau des bourgeons auxiliaires : cela inhibe croissance ramifications. **Tb1 étant un gène de développement, la différence morphologique s'explique donc par le fait que la protéine *tb1* est produite en plus grande quantité chez le maïs. Le changement d'expression d'un gène implique un changement dans la régulation de son expression.**