

« Les agriculteurs du monde et la
croissance verte »

Quelles sont les perspectives
d'amélioration génétique de
plantes cultivées tolérantes
à la sécheresse?

Laure Gaufichon, 7 Décembre 2010

Plan de la présentation :

1) Introduction :

- La sécheresse.**
- Les plantes et l'eau.**
- La sélection génétique.**

2) Etat des lieux des recherches sur l'amélioration de la tolérance à la sécheresse:

- Le maïs.**
- Le riz.**
- Le blé.**
- Le sorgho.**
- Le mil.**

3) Conclusions.

« Les agriculteurs du monde et la croissance verte »

Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse?

INTRODUCTION

La sécheresse est un déficit de pluviométrie non systématique et imprévisible pouvant être caractérisé par:



-Sa durée (sécheresse intermittente ou prolongée).

-Sa période d'occurrence.

-Son extension géographique.

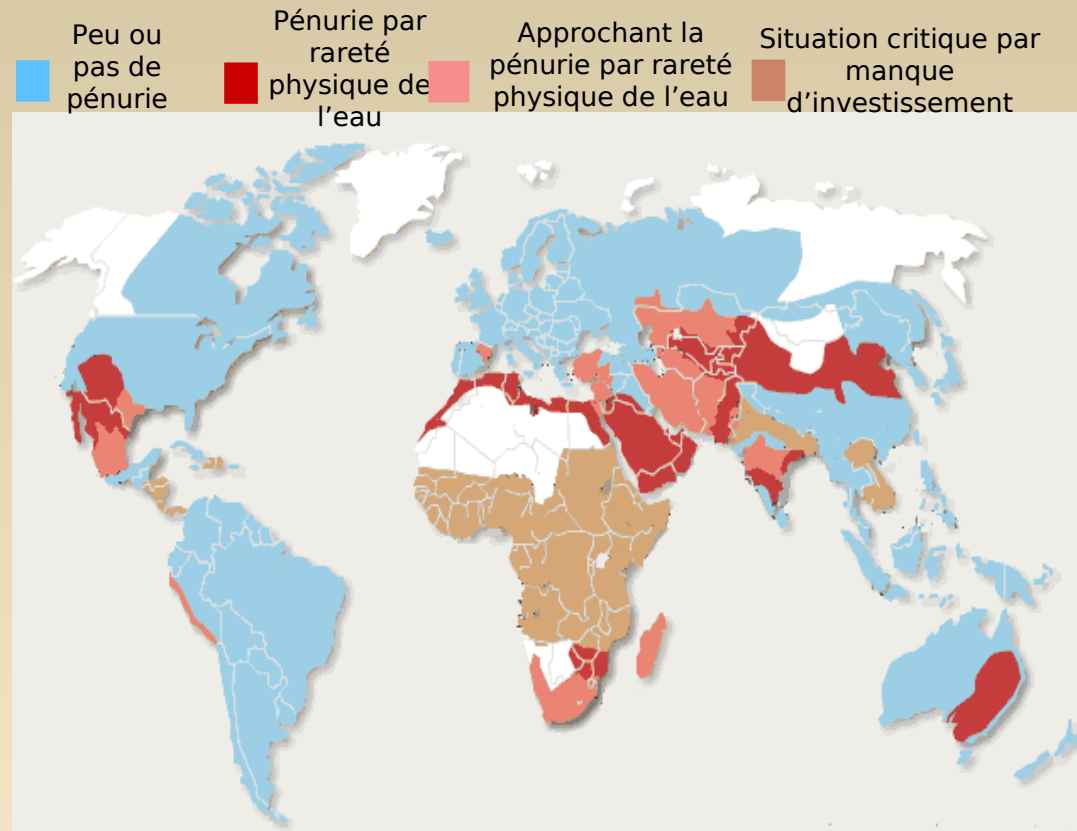
-La dynamique de sa mise en place (brutale ou progressive).

-Le moment de son apparition par rapport au cycle cultural pour les plantes.



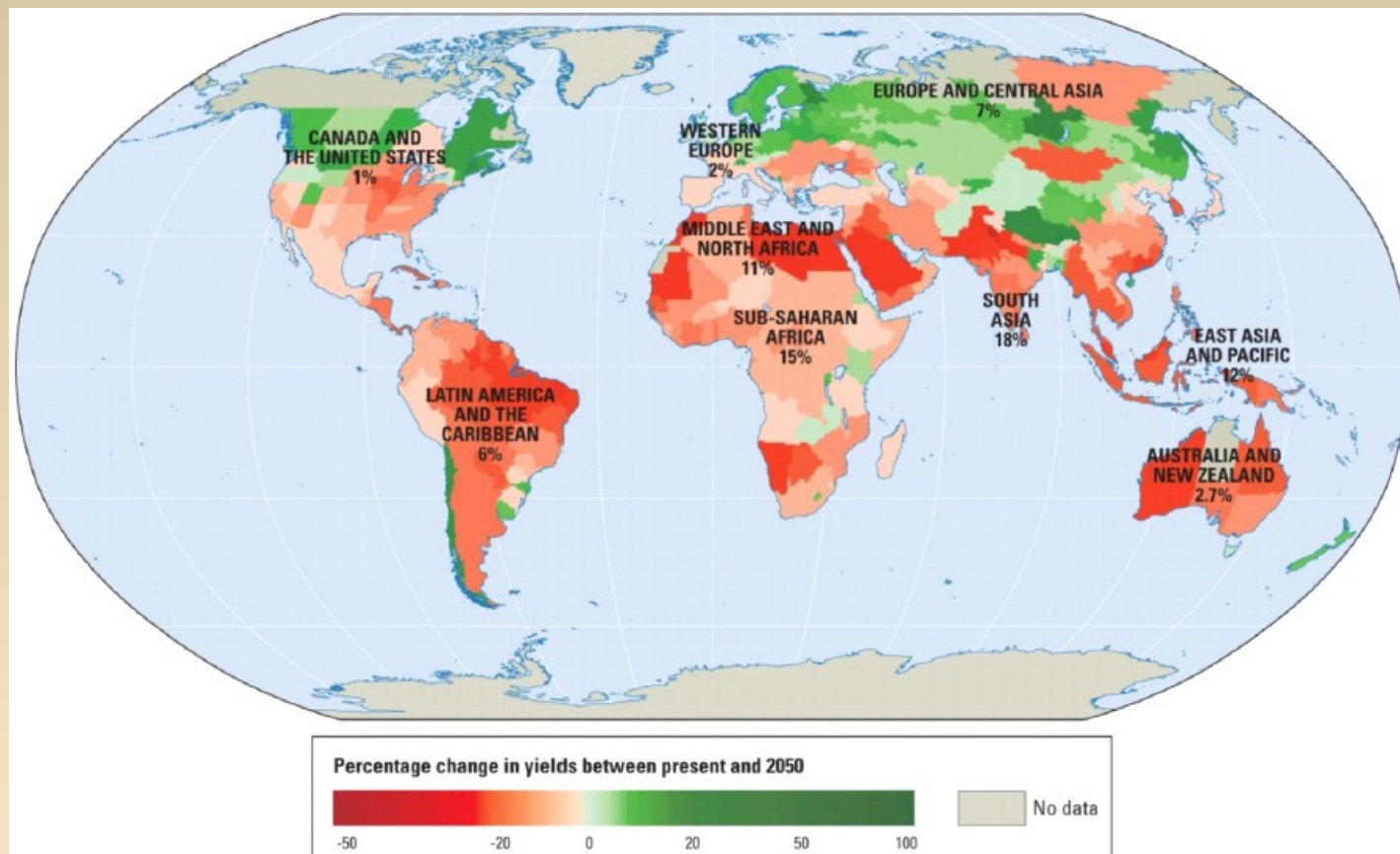
La sécheresse est un stress complexe.

Les situations de pénurie d'eau dans le monde



D'après Blanchon, 2009.

Le changement climatique va augmenter les risques de sécheresse



Banque mondiale, WDR, 2010.



Les agriculteurs disposent de quatre façons de limiter les conséquences de la sécheresse:

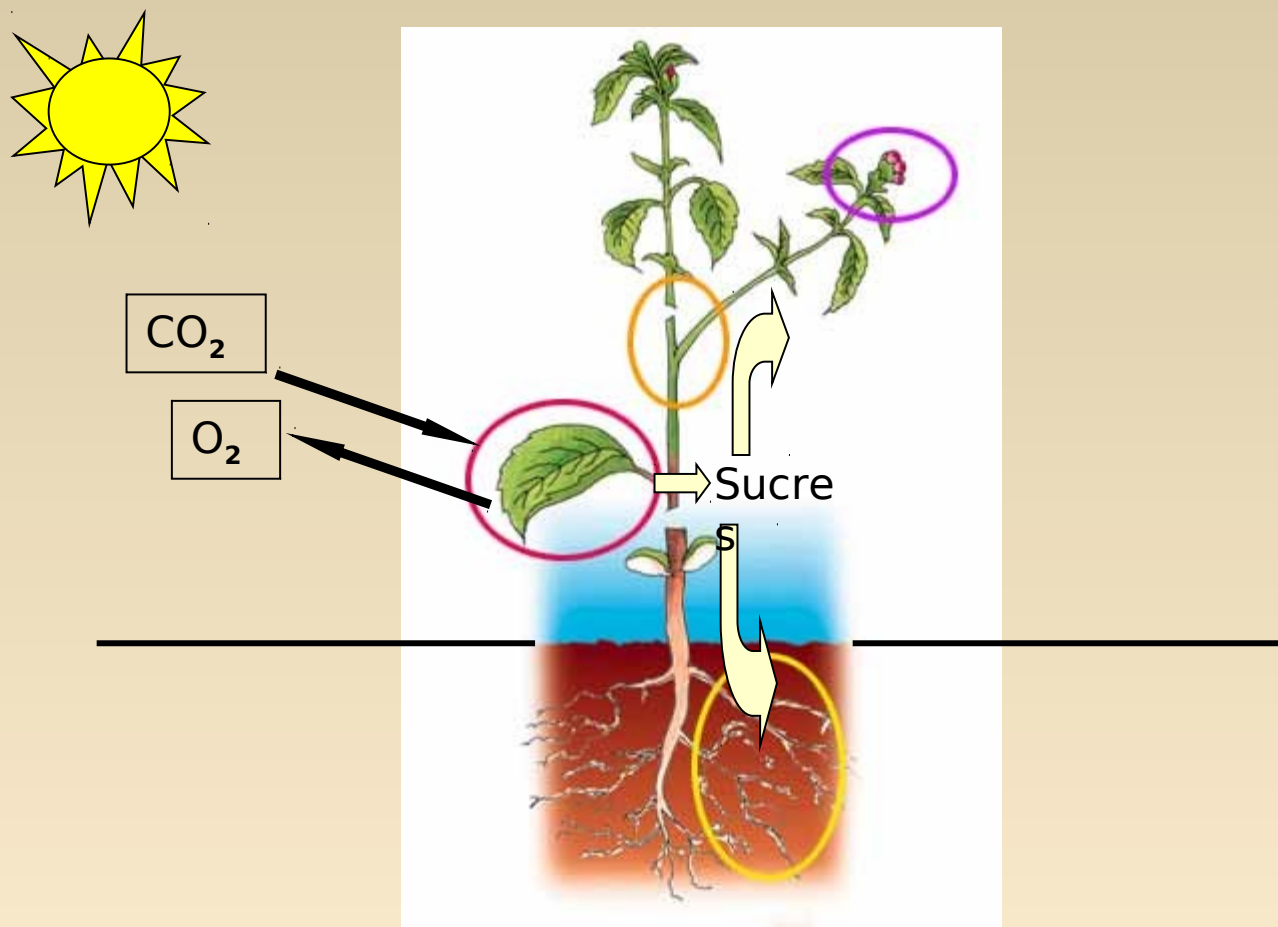
-Les pratiques agricoles.

-L'irrigation.

-Les assurances indicielles.

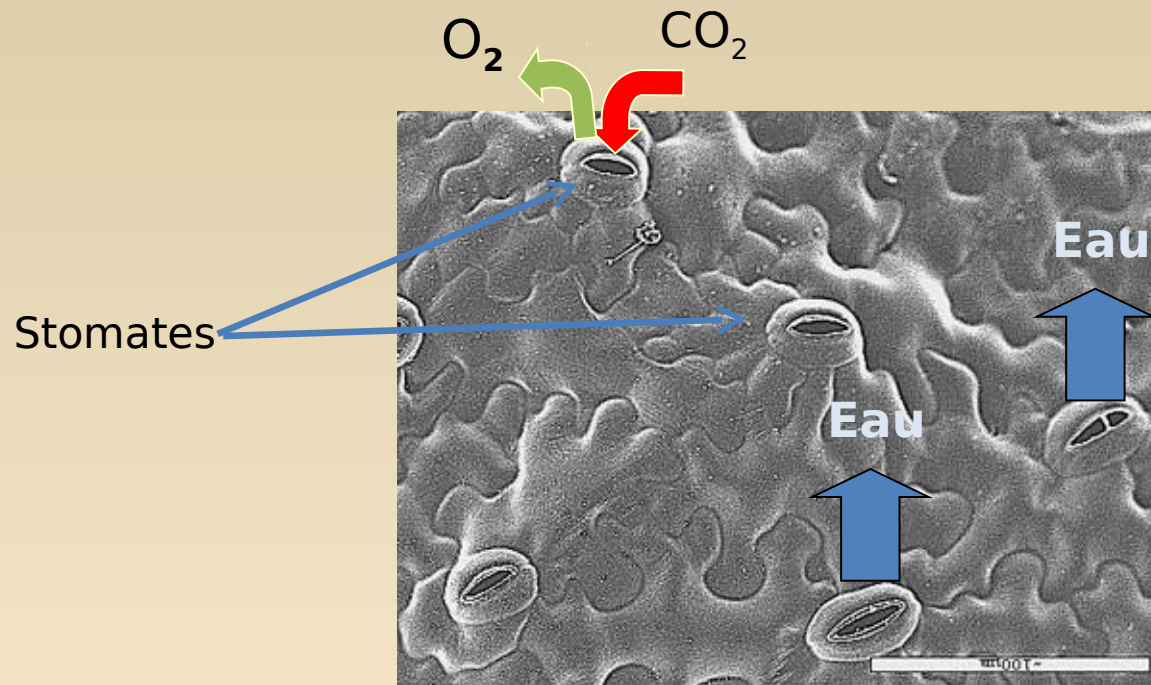
-L'utilisation de variétés améliorées.

La photosynthèse est indispensable à la croissance des plantes



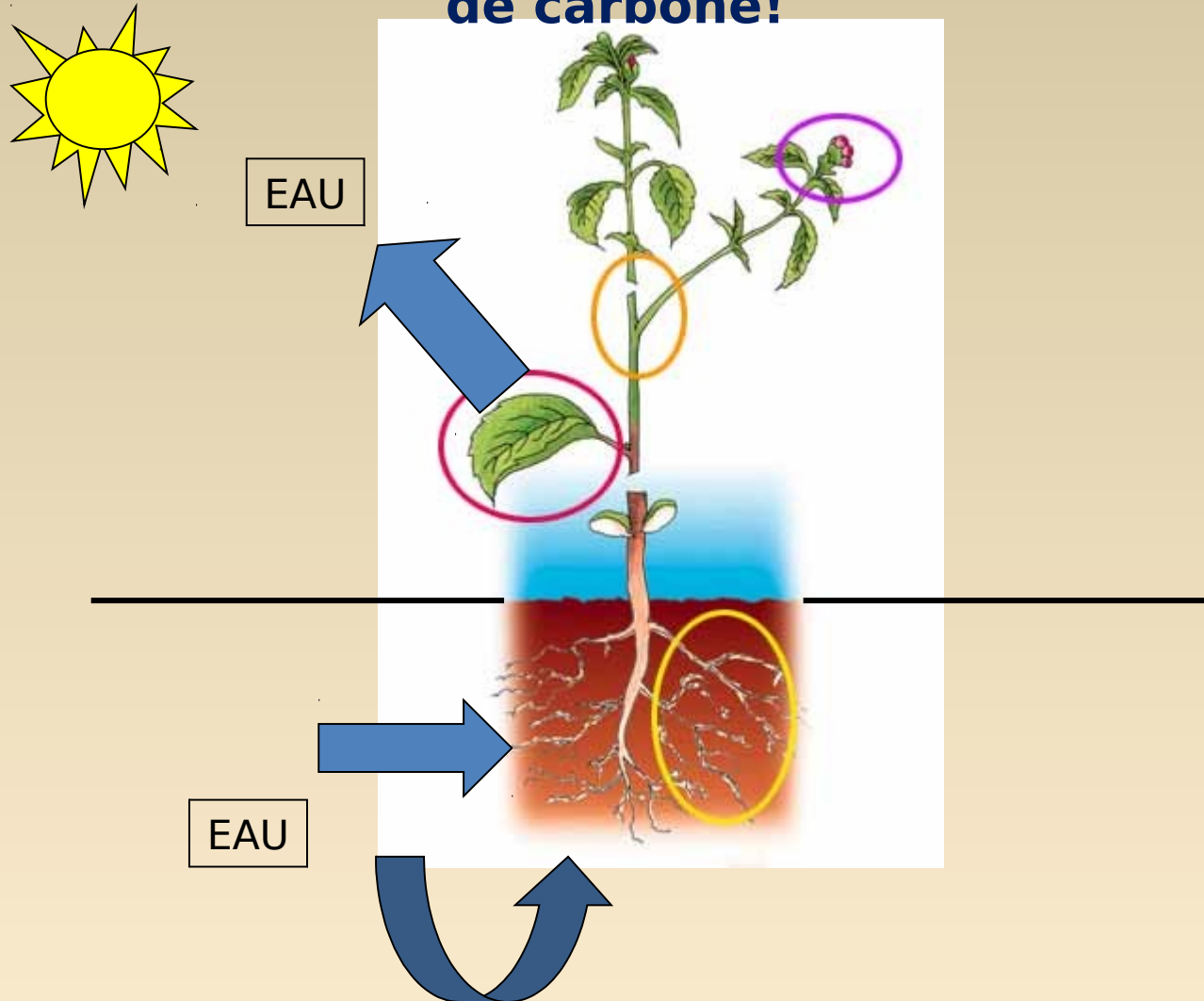
Les échanges gazeux à la base de la photosynthèse sont réalisés au travers des stomates

Les stomates sont aussi le siège d'autres échanges...



Epiderme de feuille avec des stomates

La photosynthèse est indissociable des pertes en eau par transpiration : il faut 500 litres d'eau pour fixer un gramme de carbone!



Les plantes ont élaboré des stratégies pour se protéger du stress hydrique :

- 1) **Esquiver** : accomplir son cycle de développement pendant les périodes où les conditions sont favorables.
- 2) **Eviter** : adapter sa morphologie (réduction de la surface foliaire...
).



- 3) **Tolérer** : maintenir ses fonctions cellulaires pour survivre.



Au-delà des réponses morphologiques, la plante met en place des processus physiologiques reposant sur des mécanismes moléculaires.

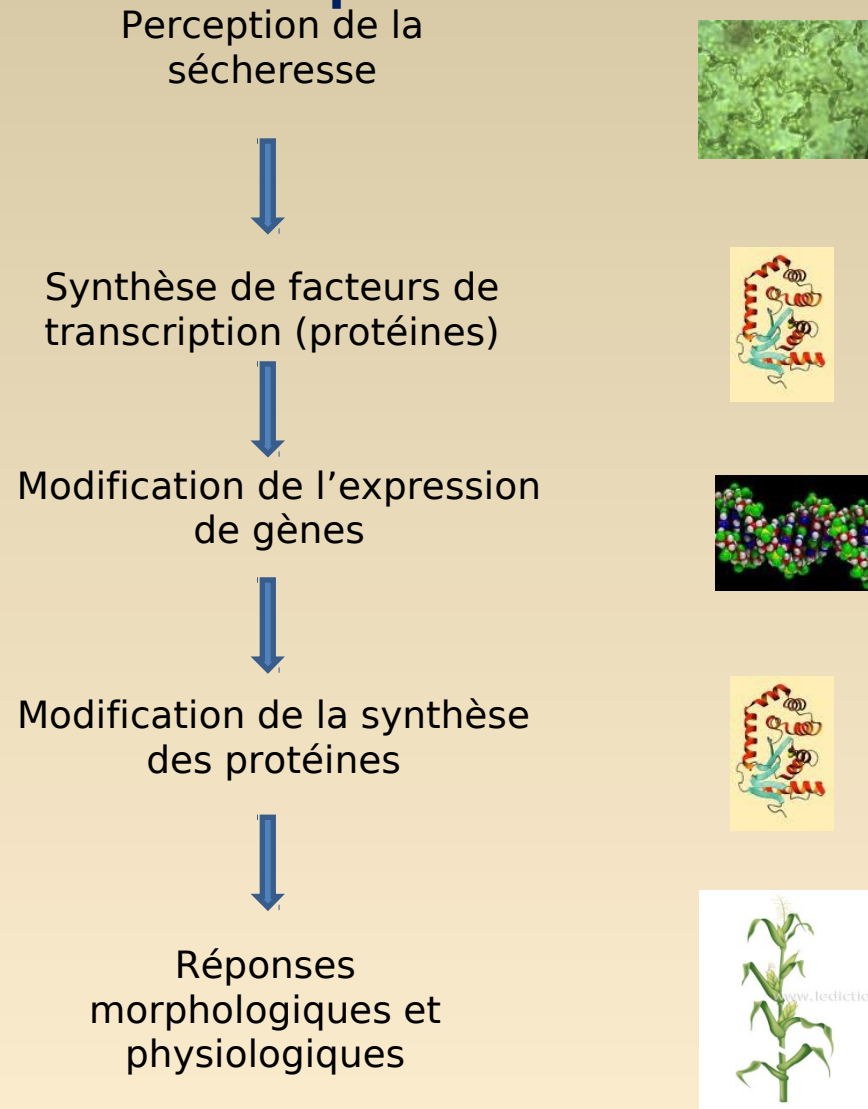
Les réponses physiologiques des plantes à la sécheresse.

- 1) La croissance des feuilles et des tiges s'arrête, celle des racines est moins touchée.
- 2) Dans les feuilles, la conductivité et la disponibilité de l'eau sont modifiées.
- 3) Les stomates se ferment et la photosynthèse diminue.

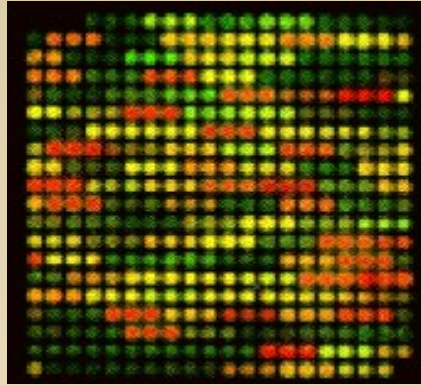


 **Les mécanismes moléculaires à la base de ces réponses physiologiques font l'objet de nombreuses recherches.**

Une voie de signalisation est initiée par la perception d'un stress et aboutit à l'adaptation du comportement de la plante



Les réponses morphologiques et physiologiques sont sous contrôle génétique.



**Analyse « transcriptomique »
Un point correspond à un gène**

La sécheresse modifie l'expression de très nombreux gènes.

Les réponses morphologiques et physiologiques des plantes sont sous contrôle génétique.



Comment améliorer la tolérance à la sécheresse des plantes?



En réalisant des croisements judicieux pour obtenir les lignées les plus performantes vis-à-vis de la sécheresse.

Il s 'agit de la sélection génétique.



La sélection génétique.



Variété à fort rendement

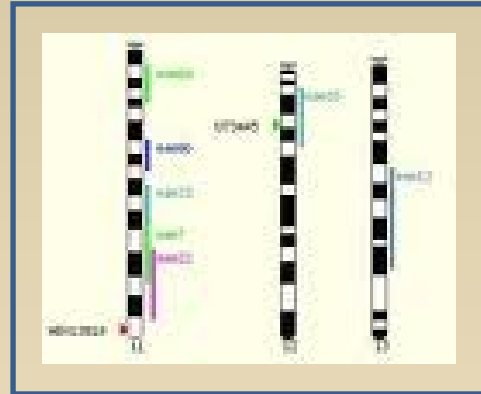


Variété apportant le
caractère de tolérance à
la sécheresse



Sélection des individus à haut rendement et présentant le caractère de tolérance à la sécheresse grâce à des critères visuels = phénotypiques.

Le séquençage permet d'identifier les régions du génome favorables pour un caractère donné.



Ces régions correspondent à un ou plusieurs gènes et sont appelées QTL (Quantitative Trait Loci).

Un même gène peut être présent sous différentes formes en fonction des individus. Ces variantes de gènes sont appelées allèles.



Les marqueurs moléculaires

- sont des séquences d'ADN qui ont des positions connues dans le génome.**
- permettent d'identifier les allèles présentes dans les différents individus.**

La sélection génétique assistée par marqueurs.



Variété à fort rendement

Variété possédant un
QTL conférant une
meilleure tolérance à la
sécheresse.



Sélection des individus à haut rendement et
présentant le caractère de tolérance à la
sécheresse grâce à des critères visuels =
phénotypiques **et génétiques.**

La transgénèse.

1) Consiste à transférer, dans le génome d'un organisme, un ou plusieurs gènes dont l'origine biologique peut être variée.

2) La transgénèse est un outil de connaissance utilisé pour identifier la fonction biologique des gènes (recherche fondamentale).

3) C'est aussi un moyen de transférer dans le génome d'une plante un gène pouvant améliorer un caractère donné (amélioration génétique).



Plan de la présentation :

1) Introduction :

- Le problème mondial de l'eau.
- Les plantes et l'eau.
- Les plantes et la sécheresse.
- L'amélioration génétique.

2) Etats des lieux des recherches sur l'amélioration de la tolérance à la sécheresse:

- Le maïs.
- Le riz.
- Le blé.
- Le sorgho.
- Le mil.

3) Conclusions.

Le maïs





1) Le maïs.

Le maïs est une espèce qui utilise l'eau de façon efficace mais qui est très sensible au manque d'eau à certains moments de son cycle.

Le stade reproducteur est particulièrement sensible :

-Retard de floraison femelle.

-Avortement des grains.



1) Le maïs.

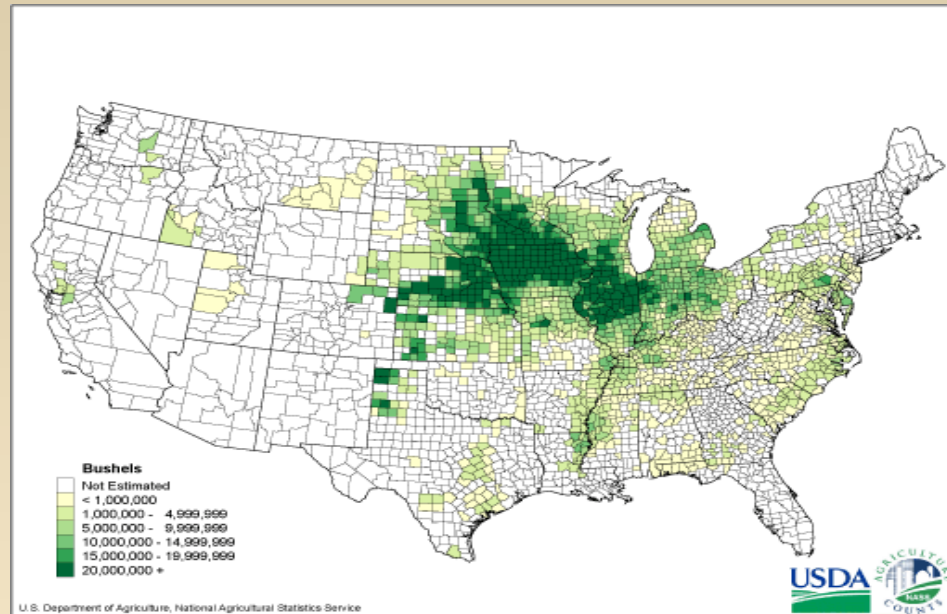
Le maïs concentre une grande partie des efforts de recherche publique et privée pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse :

- Une des céréales les plus cultivées à travers le monde.**
- Grande sensibilité au stress hydrique.**
- Possibilité d'obtenir des hybrides.**



1) Le maïs.

Production en maïs aux Etats-Unis en 2009



Produire plus à l'ouest de la Corn Belt et étendre la culture du maïs à l'ouest des Etats Unis.



1) Le maïs.

La sélection classique explore la variabilité génétique naturelle du maïs depuis près d'un siècle.

Cependant

L'amélioration des rendements en condition de stress hydrique des hybrides stagnent.

Les sélectionneurs font maintenant appel aux biotechnologies pour accélérer et cibler la sélection.



1) Le maïs. La sélection assistée par marqueurs.

De nombreux QTL favorables en conditions de stress hydrique ont été identifiés à jour :

- QTL de retard de floraison (Ribaut et al., 1996).

-QTL de sensibilité aux hormones.

-QTL de maintien de la croissance foliaire en conditions de sécheresse.



L'introduction de ces QTL dans des hybrides performants est une voie de recherche privilégiée (Pioneer, Syngenta, 2011).



4.) Le maïs. La transgénèse.

- Identification à haut débit de gènes pouvant améliorer la tolérance à la sécheresse.**
- Introduction de ces gènes dans les hybrides les plus performants et adaptés aux conditions locales de culture.**
- Phénotypage pour déterminer les gènes les plus intéressants.**



) Le maïs. La transgénèse.

L'introduction du gène bactérien *cspB* augmente les rendements de 6 à 10 % en conditions de sécheresse (Monsanto-BASF, 2012).

Il s'agit d'une protéine « chaperonne » qui permet aux cellules végétales de conserver un fonctionnement presque normal, même en situation de stress hydrique.



1) Le maïs.

Que la sélection soit assistée par marqueurs ou fasse appel à la transgénèse, elle nécessite :

- Des ressources génétiques les plus larges possibles.**
- Des dispositifs de phénotypage performants et locaux.**





Le maïs. La plateforme africaine



Le projet WEMA (Water Efficient Maize for Africa) vise à délivrer sur le marché africain des variétés de maïs tropicaux permettant des gains de rendements de 20 à 35 % d'ici à 2017.



Le maïs. La plateforme africaine



Le projet WEMA:

- Effort de recherche rassemblant des acteurs publics et privés.**
- Financement par la fondation Bill et Melinda Gates.**
- Variétés adaptées aux conditions africaines de culture : Afrique de l'Est et du Sud.**
- Transfert des progrès biotechnologiques réalisés sur le maïs vers les variétés tropicales : sélection assistée par marqueurs et transgénèse.**

Le riz





2) Le riz.

Le riz est la base de l'alimentation de plus de la moitié de la population mondiale.

Les estimations de croissance démographique montrent la nécessité d'augmenter d'au moins 40% la production de riz mondiale d'ici à 2030:



2) Le riz pluvial.

Le riz pluvial est désormais la cible de programmes de recherche visant l'amélioration de sa tolérance au stress hydrique et utilisant sa formidable diversité génétique conservées dans des banques telles que celle de l'IRRI aux Philippines (plus de 100 000 échantillons).



2) Le riz, une plante modèle.

Le riz est une espèce modèle pour la recherche fondamentale. Il fait l'objet de nombreux travaux de recherche par la recherche publique mondiale.

De nombreux gènes ou QTL favorables pour la tolérance à la sécheresse ont été identifiés chez le riz, cependant...



2) Le riz pluvial.

Les recherches concernant l'amélioration de la tolérance à la sécheresse portent sur :

-La modification de la croissance racinaire (CIRAD).

-L'enroulement des feuilles.

-L'efficacité d'utilisation de l'eau.

-La synchronisation et le raccourcissement des cycles culturaux.

Mais les validations en champs manquent et aucune voie de recherche n'est pour l'instant favorisée.



) Les riz NERICA (New Rice for Africa).

Développés en Afrique de l'Ouest et du Sud par Africa Rice.

Croisements entre *Oryza glaberrima* (résistance aux stress environnementaux) et *Oryza Sativa* (hauts rendements) pour obtenir des riz à cycle de développement plus courts et adaptés aux conditions de cultures africaines.



) Les riz NERICA (New Rice for Africa).

Transfert des avancées biotechnologiques (sélection assistée par marqueurs et transgénèse) au travers du projet STRASA (Stress Tolerant Rice for poor farmers in Africa and South Asia).

Utilisation de la grande variabilité génétique recensée notamment par l'IRRI.

Le blé





3) Le blé.

Le blé est une espèce relativement tolérante au stress hydrique puisque cultivée quand le risque de déficit hydrique est le plus faible.

Le blé est une espèce au génome complexe : le séquençage de son génome n'est pas encore achevé...



Jusqu'à présent, l'amélioration du blé a fait appel à la sélection classique uniquement.



3) Le blé.

L'amélioration génétique du blé souffre d'un retard biotechnologique par rapport au maïs ou au riz:

-Séquençage incomplet de son génome.

ET

- Des raisons économiques et politiques freinent les projets de recherche visant à l'amélioration génétique du blé : propriété publique des variétés et crainte des agriculteurs de produire des blés OGM.



) Le blé. Les rendements stagnent.

Depuis une dizaine d'années, l'augmentation des rendements en blé stagne et les agriculteurs sont demandeurs du développement des biotechnologies pour son amélioration variétale.



3) Le blé.

La sélection variétale du blé est en pleine mutation.

Les premiers hybrides de blé sont en développement.

Les premiers blés transgéniques sont annoncés pour une commercialisation pour 2016 aux Etats Unis.



L'amélioration de la tolérance à la sécheresse bénéficiera d'ici à 10 ans de ces avancées biotechnologiques (Limagrain).

Le sorgho





4) Le sorgho.

Le sorgho est très cultivé en Afrique et en Amérique du Sud dans les régions ne recevant pas suffisamment d'eau.

Il est souvent cultivé en rotation avec le coton puisqu'il peut se contenter des reliquats d'engrais laissés par la culture précédente.



4) Le sorgho. Photopériodisme et Sélection Participative.

Le sorgho est un proche cousin du maïs mais est moins sensible au stress hydrique au stade reproducteur.

-Le CIRAD et l'ICRISAT s'intéressent à l'amélioration des rendements du sorgho.

-Le photopériodisme et le Stay Green sont les caractères ciblés pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse.

-Les sélectionneurs font appel, notamment en Afrique, à la sélection participative.

-L'amélioration génétique du sorgho pourra bénéficier de la sélection assistée par marqueurs (Identification de QTL de Stay Green).

Le mil





5) Le mil.

Le mil, céréale la plus cultivée en Afrique, est une espèce bien armée face à la sécheresse

- Cependant, le mil est sensible au stress hydrique lors du stade reproducteur.**
- L'ICRISAT et l'IRD se focalisent sur le développement de variétés précoces à cycles de développement courts : évitement.**
- Les programmes de sélection du mil se développent mais manquent de moyens humains et financiers.**

« Les agriculteurs du monde et la croissance verte »

Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse?

CONCLUSIONS

Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse?

- Les ressources génétiques constituent la clé de voûte des programmes de recherche.
- La sélection assistée par marqueurs permet d'accélérer et cibler la sélection génétique.
- L'introduction de gènes par transgénèse ne prend valeur que dans une variété déjà adaptée localement.
- Les avancées dépendront de critères biologiques et économiques liés à l'espèce considérée.
- La valorisation des semences améliorées dépend des techniques culturales associées.

MERCI POUR VOTRE
ATTENTION