

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

Sciences de la vie et de la Terre

Thème 2 B– Enjeux planétaires contemporains - La plante domestiquée

Table des matières

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|---|
| 1- Activité: technique du génie génétique, ex du maïs transgénique..... | 1 |
| 2- Evaluation type partie 1 sujet de bac | 5 |

Le maïs transgénique

1. Les étapes de la transgénèse, avantages et risques

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).

- A l'aide du document 1, nommez sur le schéma (document 2) et expliquez chaque étape de la construction du Maïs transgénique résistant à la pyrale.
- Identifiez les avantages et les risques de la culture de Maïs transgénique énoncés dans le film proposé puis discutez-les à l'aide des informations fournies par le document 3.

Document 1

Les étapes de la transgénèse :

Source : <http://www.inrp.fr/Access/biotic/biomol/transgen/html/etapes.htm>

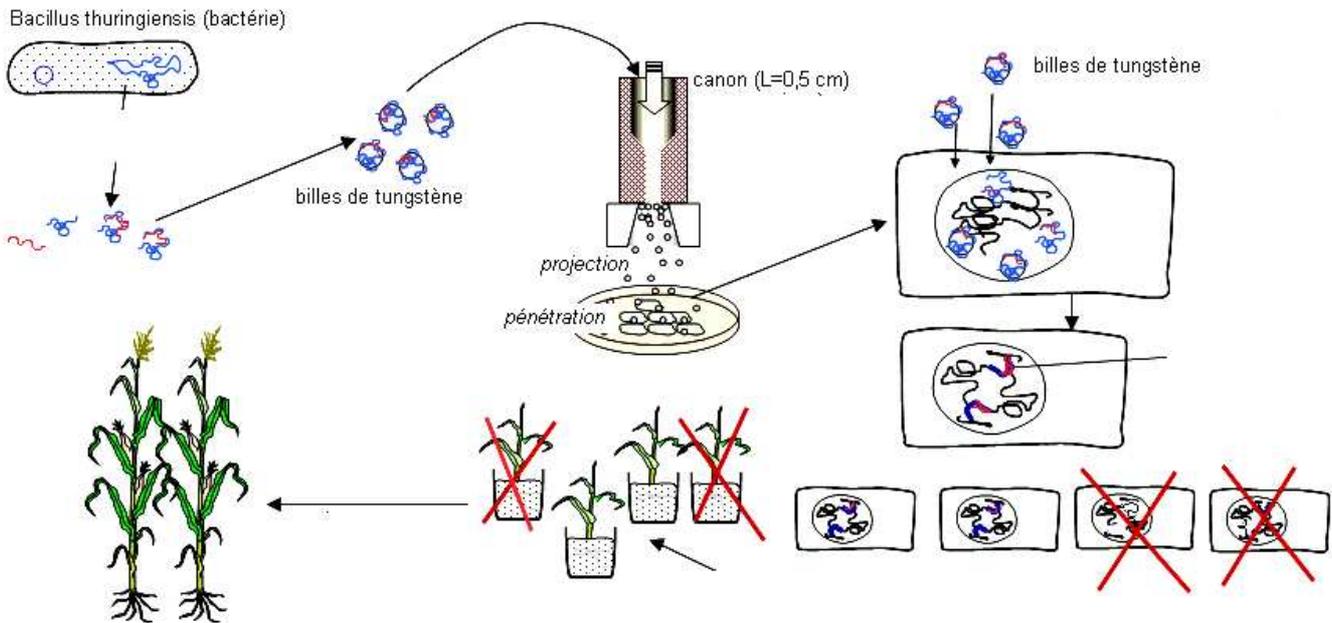
1. Repérer un caractère intéressant dans un organisme vivant et identifier la protéine
2. Identifier et isoler le gène d'intérêt
3. Réaliser et amplifier une construction génique
4. Transférer de l'ADN = Introduction d'un ADN étranger dans une cellule embryonnaire de Maïs
5. Contrôler l'efficacité du transfert chez l'hôte
6. Sélectionner des cellules exprimant le gène ajouté par tri

Exploitation du film : http://www.universcience-vod.fr/media/805/mgm---mais-genetiquement-modifiee.html?page=3&cat_id=167

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

Document 2 : schéma des étapes de la construction du Maïs résistant à la pyrale

Source : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php?id_article=2083



Document 3 : le maïs transgénique résistant à la pyrale favorise-t-il l'apparition de résistances chez les insectes ?

Extrait d'un article de :

Guy Riba

Directeur Scientifique, Plantes et Produits du Végétal, INRA Paris

Josette Chaufaux

Unité de recherches de Lutte Biologique , INRA Versailles

<http://www.inra.fr/internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/OGM/riba.htm>

Des variétés de maïs ont été transformées par des firmes privées pour produire dans leurs tissus la toxine Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* (Bt), active contre la pyrale du maïs.

a : **Cette stratégie de lutte offre 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) ;

| 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% | |

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--|
| 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.

b : Certaines questions se sont posées avant la mise sur le marché :

- quelles sont les conditions de **limites d'efficacité** de ces variétés ?
- existe-t-il **des risques de contournement par la sélection d'insectes résistants** ?
- y a-t-il des **effets non intentionnels** ?

*** Les limites d'efficacité**

La toxine insecticide produite par la plante bloque l'appareil digestif des larves de pyrale ou de sésamie, cette dernière est présente essentiellement dans le Sud de la France. Dans les zones **méridionales, une deuxième génération de chenille de pyrale et de sésamie apparaît la même année. Il faut donc estimer l'efficacité de l'insecticide produit par la plante lors des infestations tardives** (voir le tableau).

*** Les risques de contournement**

L'apparition de pyrales résistantes à la toxine de Bt, dans ce cas les **chenilles ne seraient plus détruites**, les agriculteurs devraient **revenir à l'utilisation d'insecticides chimiques**.

Pas de risque majeur pour les autres cultures, **l'infestation des haricots ou des framboisiers par la pyrale est moins massive, elle est contrôlable par plusieurs molécules chimiques**.

Les risques de sélection de populations de pyrale résistantes à Bt sont en principe plus élevés que dans le cas des insecticides chimiques, car tous les insectes qui ont consommé du maïs transgénique ont été en contact avec la toxine.

La **probabilité et la vitesse de sélection d'insectes résistants** dépendent :

- du **nombre de générations** ;
- de la **concentration de la toxine** dans la plante ;
- de la **fréquence initiale et de la «force» des éventuels gènes de résistance** dans les différentes populations de pyrale ;
- de la **fréquence des accouplements des survivants** d'un champ transgénique **avec les papillons issus des champs voisins non transgéniques** ;
- du **coût biologique d'acquisition de la résistance** (femelles moins fécondes, développement plus lent...).

*** Les effets non intentionnels**

On ne connaît pas d'effets non intentionnels néfastes prévisibles sur les prédateurs naturels de la pyrale. Au contraire, **on peut penser que l'utilisation de maïs Bt permettra le développement d'auxiliaires (= prédateurs) jusque là tués par les traitements chimiques**. Peu à peu ils contribueront mieux à la **régulation des populations de ravageurs**.

c : Recherche de résistance chez les insectes

L'objectif général des travaux effectués à l'INRA :

- **est d'identifier s'il existe dans les populations naturelles de pyrale des gènes susceptibles d'induire une résistance à la toxine présente dans le maïs transgénique.**

Il s'agit d'établir la courbe de toxicité de la toxine de *Bacillus thuringiensis* pour les différentes populations sauvages de pyrale, la perte de la toxicité est indicateur de l'évolution de la résistance à Bt. L'établissement d'une telle courbe dans une région donnée est indispensable avant l'installation de plantes transgéniques.

- **de caractériser les éventuels gènes de résistances afin de mettre au point des méthodes de détection simples** avant qu'ils atteignent des fréquences permettant leur détection par des tests toxicologiques classiques.

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

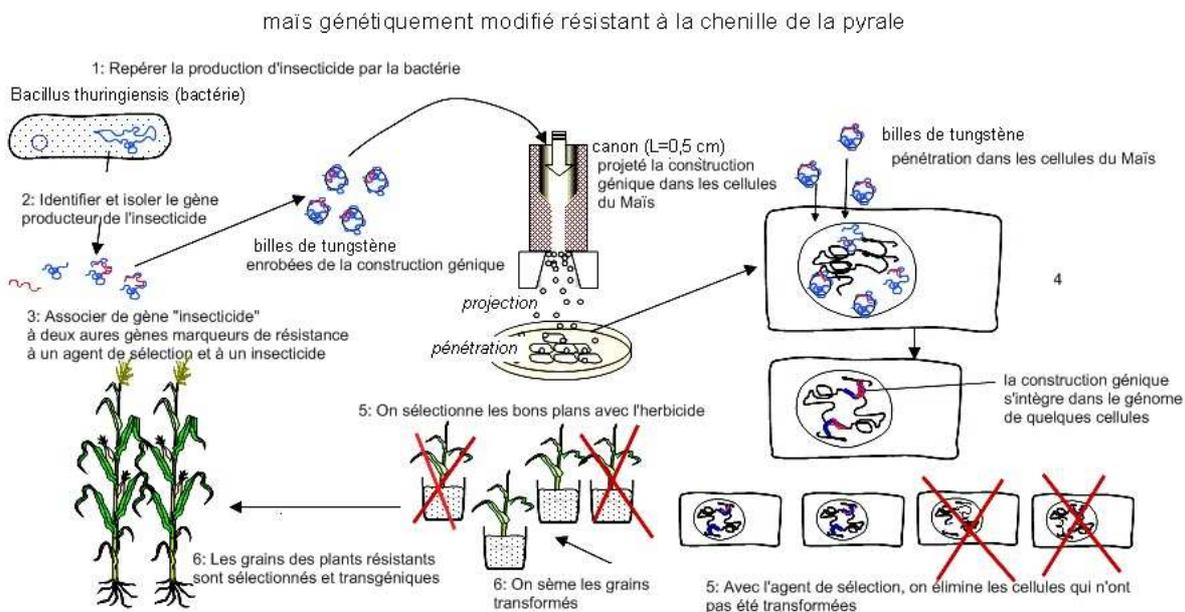
Une sélection, commencée en 1993 et poursuivie en conditions expérimentales pendant 26 générations, **n'a pas permis l'obtention d'une lignée de pyrale résistante à la toxine de Bt**. À chaque génération, mille chenilles ont été traitées dans le but de trouver une résistance.

- **d'étudier leur hérédité et leur maintien dans les populations** dans différentes conditions expérimentales et ainsi d'évaluer les risques de dispersion géographique de gènes de résistance, s'ils apparaissent.

Ces **différents travaux** donneront **des éléments de biovigilance**. Ils contribueront au **suiti des conséquences sur l'environnement de la culture du maïs Bt**. Les «marqueurs» génétiques révélés par ces études pourront de plus servir aux investigations visant à **identifier les relations entre les gènes de résistance** et ainsi **aider à la caractérisation de marqueurs génétiques de la résistance**.

Proposition d'un corrigé

- **Etapas de la construction du Maïs transgénique résistant à la pyrale.**



- **Avantages et risques de la culture de Maïs transgénique : d'après le film**

| avantages | risques |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - production par le maïs d'un insecticide mortel pour la pyrale, le principal insecte ravageur du maïs. Le maïs en est donc protégé. - La protéine insecticide produite par le maïs n'est toxique pour l'Homme. | <ul style="list-style-type: none"> - <u>risques pour l'environnement</u> : On s'attend à voir apparaître une pyrale résistante à l'insecticide. Comment la combattons-nous ? - <u>risques pour la santé</u> : des incertitudes demeurent à chaque apparition d'une nouvelle plante transgénique |

- **Discussion sur les avantages et les risques en s'appuyant sur le document 3**
Sur le plan économique :

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

- **Les avantages :**

L'efficacité du maïs Bt est de 100% alors que lors d'un traitement avec des insecticides chimiques il se situe entre 72 et 98% pour les traitements du mois de juillet.

Comment l'expliquer :

Cet insecticide est produit par la plante donc il ne peut **pas être lessivé par les pluies** et d'autre part, les larves vivants dans la plante consomment rapidement du maïs et **meurent, sans avoir le temps de provoquer des dégâts d'où une efficacité maximale.**

Même dans les régions du sud de la France, où les pyrales et sésamies ont deux générations de larves le **maïs Bt garde son efficacité de 100% au début du mois d'août** cette efficacité diminue légèrement à la fin de ce mois.

- **Les risques :**

Apparition de chenilles de pyrale résistantes à la protéine insecticide, cette molécule ne permettrait plus la mort des pyrales, le maïs Bt n'est plus protégé. Dans ce cas il faudrait revenir à une lutte chimique pour le maïs et cultures annexes (Haricots, framboisiers)

Sur le plan de la santé :

- **Les avantages :**

La toxine insecticide est produite que par les parties vertes non consommées par l'homme et d'autre part cette protéine n'est pas toxique pour les mammifères et l'homme. Les traitements chimiques atteignent toutes les parties de la plante et sont plus nocifs pour l'homme.

- **Les risques :** ne sont évoqués dans le texte, **mais existe-il des possibilités d'allergie à cette protéine ?**

Sur le plan environnement :

- **Les avantages :**

Pas d'effet non intentionnels néfastes prévisibles sur les prédateurs naturels de la pyrale. Au contraire, **on peut penser que l'utilisation de maïs Bt permettra le développement de prédateurs jusque là tués par les traitements chimiques, ce qui permettra la régulation des ravageurs.**

- **Les risques :**

L'apparition de pyrales résistantes à Bt est en principe plus élevée que dans le cas des insecticides chimiques, car tous les insectes qui ont consommé du maïs transgénique ont été en contact avec la toxine.

Des études de L'INRA permettent :

Avant une culture transgénique dans une région donnée, d'établir et de suivre la courbe de toxicité de la toxine de *Bacillus thuringiensis* pour les différentes populations sauvages de pyrale, **afin de d'identifier des souches de pyrales résistantes.**

De **caractériser les éventuels gènes de résistance : aucune lignée de pyrale résistante à la toxine de Bt n'a été détectée au bout de 26 générations de pyrales.**

D'évaluer les risques de dispersion des gènes de résistance dans les populations de pyrales.

Cependant, plusieurs questions subsistent :

- Si les cultures transgéniques deviennent dominantes,
 - le nombre de pyrales diminuera fortement dans ce cas ses prédateurs pourront-ils continuer à se développer ?
 - est-ce que le nombre de pyrales résistantes augmentera ?
 - quel % de cultures peut-on admettre sans provoquer de perturbation sur l'environnement ?
- Les grains de maïs transgéniques ne peuvent se disséminer naturellement mais les grains de pollen peuvent polliniser les champs voisins, quelle distance faut-il prévoir pour éviter cela ?

2. Evaluation type partie 1 BAC

Proposition de sujet :

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

A partir des connaissances et des informations issues du document fourni (document 3), présentez des arguments qui pourraient être évoqués en faveur ou à l'encontre de l'utilisation des biotechnologies telles que celles, **que vous présenterez**, qui ont conduit à la production du maïs transgénique de type Bt.

Corrigé.

Toute découverte et application de nouvelles biotechnologies doivent être mûrement réfléchies afin de mettre en balance les avantages et les inconvénients de leur exploitation. Après avoir présenté la méthode qui permet d'obtenir la création de plants transgéniques, la question des avantages et des risques qui se pose sera discutée.

Présentation des étapes de la transgénèse.

Quels sont ces avantages et risques ?

Tout d'abord, le premier avantage de créer un plant de maïs fabriquant un insecticide est d'ordre économique. En effet, limiter les ravages des cultures augmente le rendement et donc la quantité vendue. D'après le tableau, 100% des plants de maïs Bt ont survécu sur la période juin-juillet 1992. En revanche, on remarque que seuls 93% des plants de maïs Bt ont survécu en août, montrant les limites (quoique relatives) de la technique pour les infestations tardives.

Ensuite, aucun impact sur la santé humaine n'a été relevé. L'insecticide ingéré semble être inoffensif pour les animaux autres que la pyrale. A noter également que cet insecticide est majoritairement concentré dans les feuilles, non consommés. Cependant, nous n'avons pas de recul à long terme.

D'autre part, un avantage écologique a émergé bien que non intentionnel. Ce maïs Bt permet de limiter la quantité d'insecticides chimiques utilisés par les agriculteurs. De ce fait, un certain nombre d'espèces d'insectes ne sont plus tuées parmi lesquelles peuvent se trouver des prédateurs de la pyrale. Les populations de ravageurs pourraient ainsi se réguler d'elles-mêmes.

Néanmoins, un risque écologique majeur est que la pyrale du maïs développe une résistance à la toxine Bt. Nous n'aurions alors plus de moyens de lutte contre ce ravageur ce qui aurait un impact économique important. Cette résistance n'a cependant jamais été mise en évidence en laboratoire mais les chercheurs poursuivent la mise au point de méthodes permettant de la détecter (courbe de sensibilité des insectes à la toxine Bt, recherche de la présence de gènes susceptibles d'induire cette résistance, étude des échanges génétiques entre population de pyrales).

Ainsi, la mise au point du maïs transgénique Bt a montré de nombreux avantages en terme de rentabilité et ne semble, à ce jour, ne pas avoir d'effets secondaires sur la santé et l'environnement. Il ne faut pas pour autant minimiser les risques possibles à venir pour pouvoir s'y préparer ; les chercheurs travaillent à développer des méthodes susceptibles de produire des éléments de biovigilance.