

**MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
DE L'ELEVAGE ET DE LA PECHE**

=====

**Institut d'Economie Rurale**

=====

**RÉPUBLIQUE DU MALI  
Un Peuple - Un But - Une Foi**

**Références au Plan stratégique: COT 1**

Titre du projet : **Développement de la culture du coton génétiquement  
modifié au Mali**

Code : COT1-2

Date de démarrage : 2004

Date de fin : 2009

Chef de projet :

Principaux chercheurs impliqués :

Siaka Dembélé

Amadou Aly Yattara

Mamoutou Togola

Institution responsable : IER

Soumis au financement : USAID, CMDT, Syngenta, Monsanto, Dow Agrosiences

# DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE DU COTON GENETIQUEMENT MODIFIE AU MALI

## 1 RESUME (*Chef de programme*)

## 2 JUSTIFICATION ET OBJECTIFS

### 2.1. Source de l'idée du projet

- Développement actuel de techno OGM
- Contraintes actuelles de la production cotonnière
- Intérêt de la CMDT pour le coton transgénique

### 2.2. Description du problème

La production cotonnière au Mali est le moteur de l'économie et du développement rural dans les zones où cette culture est faite, c'est à dire les zones d'intervention de la CMDT et de l'OHVN. Près de trois millions d'habitants y sont concernés. Le coton en depuis des années 90 assurait encore jusqu'à 15 % des exportations maliennes a cependant été reléguée au second plan ces dernières années (42, 7 % en 1999, 28,1 % en 2000 et 15 % en 2001) en raison des la baisse des cours de la fibre et des exportations aurifères.

La production de coton graine s'est chiffrée à 577 000 t en 2001/2002. Plus de 600 000 t sont attendus cette année. On peut cependant noter que cette progression est exclusivement assurée par l'extension des superficies cultivées. Celles-ci ont augmenté en moyenne de 9,9 % par an depuis 1961. Les rendements au champ stagnent voire accusent une baisse de 1300 kg/ha en 1989/90 à 1000 kg/ ha en 2002/2003.

La culture exerce une forte pression sur les ressources naturelles.

Plusieurs raisons expliquent la faible productivité de la culture. Parmi eux il faut citer :

- les contraintes biotiques : pullulation d'insectes, pression des adventices ;
- les facteurs climatiques, surtout dans certaines zones marginales...
- les contraintes d'adaptation du matériel végétal aux exigences cesse variable du marché international ;
- la dégradations des sols, et l'occupation de terres marginales dues à la pression foncière élevée ;
- le coût élevé des intrants surtout après la évaluation du F CFA ;
- la faible technicité des nouvelles zones d'expansion (Kita)
- le non respect des itinéraires techniques par les producteurs et les pratiques extensives.

Pauvreté et dégradation des sols

Le coton est essentiellement cultivé sur des sols ferrugineux tropicaux (classification Française CPCS., 1967). La structure de ces sols ferrugineux tropicaux est fragile, avec des potentialités productrices faibles. Sur ces sols, malgré l'intensification des itinéraires techniques, on constate après dix à quinze ans de culture continue, que les rendements baissent quelles que soient les doses de fertilisants minéraux apportés aux cultures Boli et Roose, (2000). Ces résultats sont confirmés par l'essai organo-minéral de N'Tarla. La diminution de la fertilité a comme corollaire: une augmentation des superficies défrichées conduisant à la mise en culture de terres à vocations agricoles marginales, l'érosion, la réduction de l'espace sylvo-pastoral, la réduction des jachères.

### Enherbement

Dans les zones sud, l'enherbement constitue une préoccupation majeure (pénibilité des travaux d'entretien, raison de baisse de rendement...).

En milieu paysan, la baisse de fertilité se traduit par un enherbement excessif des parcelles obligeant les paysans à changer de parcelles. L'emploi de l'herbicide est encore assez faible (21% des parcelles CMDT).

### Pression des ravageurs

Le cotonnier est parasité par une large gamme de ravageurs. Deux groupes de ravageurs existent :

- Les lépidoptères qui occasionnent des dégâts sur les parties aériennes du plant. Parmi eux les plus importants sont les chenilles phyllophages comme *Cosmophila flava*, *Sylepta derogata*, *Amsacta* sp., *Xanthodes graellsii* ; les chenilles carpophages *Heliothis armigera* et *Earias* spp
- Les piqueurs suceurs en l'occurrence *Aphis gossypii*. En fin de cycle, en plus des carpophages on peut noter des pullulations d'aleurodes (*Bemisia*) et de jassides. Les piqueurs suceurs souillent les récoltes et occasionnent une baisse importante de leur qualité.

L'importance économique des dégâts des ennemis du cotonnier se chiffre à 36,5 % de baisse de rendement et une diminution de la qualité.

Au Mali où la protection du cotonnier est essentiellement assurée par voie chimique, en l'occurrence sur l'utilisation d'insecticides de synthèse. Cette méthode présente des inconvénients majeurs suivants :

- Coût élevé : le coût des interventions grève lourdement sur le coût de production du coton. Surtout après la dévaluation du FCFAI l'écart entre le prix du kg du coton et celui des intrants s'est creusé (\_\_\_\_\_). La recherche est interpellée pour trouver des itinéraires de protection phytosanitaire moins onéreux.
- Risques pour l'homme : ils résultent du non respect des précautions exigées avant, pendant et après l'application des traitements.
- Risques pour l'environnement : les produits de traitements ne sont pas sélectifs. Ils exercent une action nocive certaine sur la faune utile. Par exemple les populations d'abeilles ont diminué en zone cotonnière.
- Développement de résistance : Depuis 1997 les populations de certains ravageurs (essentiellement *Helicoverpa armigera* Hübner) sont devenues moins sensibles à certaines matières actives insecticides et leur contrôle est devenu plus difficile.

## Compétitivité du coton malien, à rude épreuve

Le marché mondial des matières premières dont la fibre de coton en particulier, est confronté périodiquement à l'abondance de l'offre entraînant des fluctuations importantes au niveau de la valorisation des produits. Dans le même temps, on assiste ces dernières années, à l'émergence de nouvelles fibres artificielles (Lyocel, Gorotex, etc.) concurrençant le coton.

Cette situation remet le besoin de l'amélioration des qualités de la fibre de coton au tout premier plan des préoccupations pour la survie de la culture cotonnière. Les difficultés qui jouent négativement sur la compétitivité sont en plus des contraintes citées plus haut, le difficultés de pratiquer les techniques culturales, du traitement des récoltes au plan industriel, mais surtout à travers l'évolution des caractéristiques agronomiques comme le rendement de fibre de l'égrenage et technologiques des fibres. La résistance des variétés aux ravageurs est aussi un atout pour l'efficacité des applications insecticides.

S'agissant du cas spécifique du coton malien en particulier, l'essentiel de caractéristiques technologiques étant jugé très satisfaisant, les efforts d'amélioration devraient essentiellement se focaliser sur deux aspects qui semblent poser le plus de problèmes lors des transactions commerciales. Il s'agit de la couleur et de la nepposité de la fibre.

S'agissant de ce dernier aspect, il faut noter que la possibilité d'introduire des gènes étrangers est réelle et donne accès à une variabilité sans limite.

### **2.3. Point des connaissances**

#### **1) Situation climatique**

Le coton est essentiellement cultivé dans les zones nord-soudanienne et sud-soudanienne entre 700 à 1200 mm par an. La situation pluviométrique est caractérisée par une forte variabilité : cumul annuel, date de démarrage de la saison, durée et répartition en cours de campagne. Ces limitations placent les paysans et éleveurs sahéliens dans une situation de risque quasi permanente face à la sécheresse du début jusqu'à la fin de l'hivernage (Niangado, 19980. cité par Kanté, 2001).

#### **2) Les systèmes de cultures**

En zone cotonnière, environ 70-80 % des superficies cultivées se trouve sur les bas glacis qui sont des terres basses, profondes, sans ou avec très peu éléments grossiers (Kanté *et al.*, 1993), et 30-20 % des terres cultivées sur les plateaux et les versants gravillonnaires.

Le coton qui occupe près du tiers des superficies cultivées, est cultivé en rotation avec le maïs, le sorgho, le mil, l'arachide et autres légumineuses.

Les itinéraires techniques appliqués sur coton sont caractérisés par une grande diversité de pratiques paysannes. Dans les systèmes actuels, la culture du coton est caractérisée par un étalement des dates de semis conséquence du sous-équipement en matériel de labour, des retards aux premiers sarclages, des apports d'engrais nettement tardifs.

En matière de fertilisation, il est conseillé en plus de la fertilisation minérale, apporter une fumure organique. Le coton et le maïs étant les plus fertilisés, avec des doses légèrement inférieures aux normes vulgarisées.

### **Les variétés et le système semencier, l'organisation de la production (zonage, commercialisation, égrenage)**

produit à partir de graine constitue un complément de ration alimentaire Utilisation de la graine

La graine de coton est utilisée sous diverses formes :

- l'huile de coton : l'intégralité des graines des 4<sup>e</sup> générations de multiplication est triturée. L'huile de coton est utilisée sous diverses formes : cuisson , friture et assaisonnement
- le tourteau et la graine : ils servent à nourrir les ruminants. L'aliment bétail recherché.

### **Ressources génétiques**

Depuis les années 50 à cette date, la recherche a créé, testé et recommandé plusieurs variétés performantes de coton (*Gossypium hirsutum*).

Les critères de sélection ont porté sur :

- le potentiel de production ;
- le rendement égrenage ;
- la qualité technologique de la fibre
- la teneur en huile de la graine .

Plusieurs variétés ont été introduites expérimentées puis cultivées à vraie grandeur au Mali (BJA 592, B 163, ISA 205, GL7, STAM F...)

Certaines variétés ont été créées au Mali et diffusées (BJA SM 67, NTA 88-6).

Les variétés proposées au paysan présentent en généralement de bonnes caractéristiques de production au champ : cycle adapté, adaptation morphologique, taille et nombre de capsules... Elles sont tolérantes à la bactériose et à la sécheresse. Aussi si les itinéraires sont respectés, les variétés diffusées permettent d'obtenir des rendements très élevés, supérieurs à 3 t/ha.

Beaucoup de progrès génétique a été aussi fait en matière de gain de **rendement égrenage** des variétés africaines de coton (42 –43 %).

Au plan technologique, le coton malien a bonne réputation avec la variété NTA 88-6 de fibre longue, résistante et de bonne finesse. Ses bonnes performances ont poussé la CMDT à généraliser sa culture en 1995/96. Après 10 ans de culture, la CMDT a établi un plan de retrait en raison de sa fibre quelque peu brillante.

La pilosité et la résistance aux ravageurs ont reçu peu d'attention jusqu'à présent.

## **Systeme de production et de distribution des semences**

### **Lutte contre les ravageurs**

Depuis de nombreuses années, la recherche cotonnière au Mali, après avoir identifié les ravageurs « clés » et quantifié leurs impacts sur la production de coton graine, a défini, à un niveau rentable pour les agriculteurs maliens, un programme minimum de protection, reposant sur l'utilisation d'insecticides chimiques, qui permet d'en limiter l'incidence.

La pression parasitaire élevée sur le cotonnier justifie un programme de 5 à 6 traitements au cours du cycle de la culture pour la protection des parties aériennes. Dans des situations exceptionnelles ce nombre de d'intervention peut augmenter. Il est aussi nécessaire de traiter les semences.

Pour le traitement des parties aériennes plusieurs catégories de produits sont utilisées :

- les organochlorés qui ont un meilleur contrôle de *Helicoverpa armigera* ; les organophosphorés ;
- les pyréthrinoïdes peu efficaces contre les piqueurs-suceurs (pucerons, aleurodes, jassides) et les pyrethrinoïdes.
- des insecticides d'origine biologique (extraits végétaux).

Les différents programmes de traitement sont réalisés avec une combinaison de différents produits (formulation binaires, ternaires), ce qui permet de mieux cibler les différents ravageurs.

**Programmes de traitement** ont évolué du traitement calendaire (minimum 5 interventions espacées de 2 semaines à partir du 40<sup>e</sup> jour après le semis), à la lutte étagée ciblée (LEC), étape au traitement sur seuil. Elle permet une économie de produit de près de 50 %.

**Traitement des semences** : il améliore de 10 à 20 % l'occupation du terrain et de 2 à 5 % les rendements.

### **Gestion de la résistance de *Helicoverpa armigera* aux pyréthrinoïdes**

Pour faire face à résistance de *Helicoverpa armigera* aux pyréthrinoïdes, des programmes de traitements spécifiques sont recommandés avec des produits comme l'endosulfan, le profénofos et l'indoxacarb. Des programmes d'intervention sont élaborés. Ils reposent sur une utilisation raisonnée des insecticides en fonction de la nature des ravageurs et de leurs pressions (lutte étagée ciblée, programmes « fenêtres », programme d'interventions sur seuils) et sur une diversification des méthodes de lutte : augmentation de la densité de plantation permettant une élaboration de la production en dehors des périodes de fortes infestations, étêtage raisonné des cotonniers en cours de campagne, emploi de plantes pièges, etc.

### **Solutions agronomiques**

Beaucoup d'itinéraires techniques sont conseillés aux producteurs. Il faut insister sur l'utilisation des semis précoces permettant de profiter au maximum des premières pluies permet aux cultures dans beaucoup de cas de boucler leurs cycles. Une

bonne application des recommandations techniques : forte densité, une bonne application de la fumure organique et minérale, entretiens culturaux,...permettra la levée des contraintes.

### **Lutte contre les adventices**

Le désherbage chimique permet de lever la contrainte de l'enherbement pendant le début de la campagne et donne plus de temps pour l'implantation des autres cultures. L'emploi d'herbicide permet une économie de 2 à 3 semaines. Une gamme variée de produits est conseillée, parmi lesquels Cotoran, Cotodon, Diflucal, Callifor, Gramoxone et Galant Super.

### **3) Point des connaissances sur le coton transgénique**

La biotechnologie offre de nouvelles possibilités en matière de développement du coton. Les premières expériences de transformation génétiques sur le cotonnier, utilisant *Agrobacterium tumefaciens* ont été réalisées par Firoozabady et al et Umbeck et al en 1989. Ils ont été suivis par ceux de Finer et Mc Mullen en 1990 qui ont utilisé des canons à particules et des gènes marqueurs. Perlack et al en 1990 et Thomas et al en 1995 ont effectué le transfert de gènes codant pour les endotoxines de *Bacillus thuringiensis*. La transformation génétique du cotonnier est utilisée aujourd'hui comme outil pour la production de plants résistants aux insectes, aux herbicides (Bayley et al 1992, Nida et al ,1996) et pour l'étude des gènes gouvernant la production de la fibre (John et Keller, 1996, Ihara et al , 1997, John et Crow, 1992).

Le coton génétiquement modifié est développé actuellement par plusieurs firmes, en l'occurrence Monsanto, Syngenta et autres sociétés.

Les produits commerciaux disponibles sont :

- le coton Bt pour la résistance aux insectes ;
- le coton transgénique pour la résistance aux herbicides
- le coton transgénique pour la résistance aux virus ;
- des combinaisons de ces types de résistance.

Les gènes utilisés

Chaque gène transféré code pour une protéine ou toxine particulière.

- Le gène Cry 1 C code pour la toxine efficace contre *Spodoptera littoralis*
- Le gène Cry 1 A (b) et Cry1A (c) luttent contre *Héliverpa armigera*.

Développement commercial du coton transgénique

C'est en 1996 que le coton Bt a été introduit pour la première fois pour adoption commerciale.

### **Mode d'action du gène Bt sur les ravageurs cibles**

Quand la protéine est ingérée, elle réagit à l'enzyme de l'appareil digestif de l'insecte et devient toxique. La toxine détruit la doublure de l'intestin, causant la mort (Ostlie, Hutchison, et Hellmich, comme cité dans Hyde, et autres, 2000).

La seule différence est l'expression du gène Bt dans le coton Bt (Greenplate, J., Monsanto, St Louis. Communication personnelle).

## **Développement du coton transgénique dans le monde**

De nos jours, sept pays en voie de développement (Chine, Inde, Indonésie, Mexique, Argentine, Colombie et Afrique du Sud) et deux pays développés (les Etats-Unis et l'Australie) cultivent le coton Bt sur une échelle commerciale. Sur les 34 millions d'hectares estimés de coton produit dans le monde entier en 2001, 4,3 millions d'hectares ou 13 % du total, sont du coton Bt. Ceci est cinq fois plus élevé que les 0,8 millions de hectares de coton Bt en 1996.

Les USA et la Chine représentent 80 % (3,6 millions d'hectares) des régions de production du coton Bt dans le monde entier en 2001, avec plus de deux-tiers de ceux-ci aux Etats-Unis. En 2001, 34 % des surfaces cotonnières aux USA sont en coton Bt, 31% en Chine, 30% en Australie et 35% au Mexique (Tableau 1). En Afrique du Sud, on rapporte que le taux d'adoption par les petits paysans est de 92% (James, 2002).

Monsanto est le promoteur de la première variété (Bollgard™) commercialement introduit sur le marché.

### **Bénéfices à attendre de la culture du coton Bt**

En tant que alternative de lutte aux pulvérisations conventionnels, le coton Bt se protège principalement contre les insectes de l'ordre des lépidoptères en produisant un type de protéine toxique à ce groupe d'insectes. Puisque la protéine est exprimée à toute les phases de la croissance de la plante, le coton Bt est dit plus efficace que les pulvérisations contre les insectes de l'ordre des lépidoptères.

Là où le complexe des larves des capsules est un problème important, selon des études en Inde (Naik, 2001), en Chine (Pray, et autres, 2001), et en Afrique du Sud (Ismael, et autres, 2001), synthétisées par James (2002), le coton Bt est supérieur au coton non-Bt. Le rendement moyen est plus haut et le coût à l'hectare est inférieur (Tableau 4). Des détails sur l'avantage du coton Bt sont discutés ci-dessous.

### **Avantage de rendement**

En Inde les insectes suivants sont rencontrés: *H. armigera*); larves des capsules rose (*Pectinophora gossypiella*); *Earias vittulla*; *Earias insulana*; *Spodoptera litura*.

Le coton Bt a enregistré un avantage de rendement de 37% par rapport au coton non-Bt en 1998-1999 et 38% en 2000-2001 (Naik 2001, CIT op).

En Chine où les rendements moyens sont notamment plus élevés que les autres pays, l'avantage de rendement rapporté était de 8% en 1999 et de 10% en 2001 (Pray, et autres, 2001). En revanche, en Afrique du Sud, les enquêtes ont montré un avantage de rendement de 46% dans les champs paysan; 14% dans de grandes champs non irrigués, et 19% dans les grands champs irrigués (Ismael, et autres 2001).

Aux USA, dans les champs où le coton Bt est cultivé, on enregistre 20% de rendement comparé au non-Bt (Kerby, 1996, cité dans Edge, J., et autres, 2001).

Le rendement élevé est dû principalement à l'efficacité du contrôle des insectes de l'ordre des lépidoptères. Avec le coton Bt, la protection des plantes est totale tout au long de la période de croissance, indépendamment du niveau de l'infestation. Ainsi, les rendements globaux de la production sont améliorés (Edge J. et autres, 2001).

### **Avantage de coût**

Avec le coton Bt, le nombre de pulvérisations d'insecticide est sensiblement réduit. En Chine, on a signalé que la réduction du nombre de pulvérisations d'insecticide pourrait atteindre 14 (Pray, et autres, le CIT op), 7 en Afrique du Sud (Ismael, et autres, CIT op) et 5 en Inde (Naik, CIT op). Ces réductions en nombre de pulvérisations se traduisent par une réduction de coûts variables

En Inde, le pesticide a coûté \$42/hectare plus faible sur des parcelles d'essais dans des champs Bt que les champs non-Bt en 2000-2001 et \$45/hectare en 1998-99.

En Afrique du Sud, les enquêtes sur la réduction en coûts d'insecticide ont montré les fluctuations suivantes: Petits champs, \$3/hectare; grands champs non irrigués \$11/hectare; et grands champs irrigués \$28/hectare.

### **Avantages secondaires**

En plus des avantages de rendement et de coût, le coton Bt présente d'autres avantages secondaires parmi lesquels:

\_ les risques d'accidents liés à l'utilisation des insecticides est réduite. En Chine, on a rapporté que l'incidence de l'empoisonnement lié aux insecticides est beaucoup plus limitée chez les paysans cultivant le coton Bt comparé à ceux cultivant le coton non-Bt. (Huang, J., 2001).

\_ Plus grande efficacité des insectes utiles en lutte biologique : les insectes non-cibles, ne sont pas touchés par la protéine du Bt (Benedict et Altman, 2000, cité dans Edge, J 2001). Avec le coton Bt, l'utilisation des insecticides de large-spectre nocifs aux insectes non-cibles est minimisé. Ceci permet l'augmentation du nombre d'insectes utiles et augmente l'efficacité de la technologie Bt dans le contrôle des insectes nuisibles.

Ainsi le contrôle des insectes non-cibles est amélioré, par exemple (*Spodoptera*) grâce à l'augmentation de la population des insectes prédateurs et de parasites dus à la réduction de l'application des pulvérisations de large spectre.

### **Situation de la réglementation sur les OGM et perspectives d'utilisation au Mali**

## **3 OBJECTIFS DE RECHERCHE**

Objectif général : l'objectif général du projet est de promouvoir le développement de la filière cotonnière par un accroissement des recettes d'exportation à travers l'amélioration de la compétitivité de la filière.

Objectifs spécifiques : les objectifs spécifiques sont multiples. Il s'agit de :

- Vérifier l'efficacité des cotons transgéniques (Bt coton, Vip coton et autres) dans le contrôle contre les ravageurs dans les conditions agro écologiques du Mali,
- Procéder à une série de back - cross afin de transférer à une ou deux variétés locales performantes les caractères transgéniques dans la perspective d'améliorer la productivité tout en réduisant l'utilisation des pesticides,
- Réduire l'impact négatif dû à l'utilisation des pesticides aussi bien sur l'homme que sur l'environnement,
- Renforcer à travers cette nouvelle activité de recherche les capacités scientifiques et techniques du programme,

#### 4 UTILISATEURS ET REGIONS CIBLES

Les variétés qui seront mises au point profiteront aux :

- Producteurs de coton en zone Mali-sud et Mali-ouest et OHVN
- Sociétés cotonnières, HUICOMA.
- Les filatures locales et internationales

#### 5 PLAN DE LA RECHERCHE

##### 5.1 Détermination de l'efficacité du Bt sur le contrôle des ravageurs au Mali

Introduction de coton trans-génique de différentes origines ( Bt , VIP Cot )

Test d'efficacité sur les ravageurs en milieu contrôlé (serre)

En accord avec les sociétés commerciales détentrices de variétés de cotonniers génétiquement modifiés (les modalités de ces accords feront probablement l'objet de contrats particuliers et précis) des introductions de ce matériel végétal, qui devront être sévèrement contrôlées (sous serres), pourront être réalisées.

La première étape consistera à vérifier par des bio-essais (en laboratoire) les qualités annoncées de ces variétés : efficacité de leurs toxines de *Bacillus thuringiensis* vis-à-vis de quelques ravageurs « clés » de la culture cotonnière au Mali (chenilles carpophages comme *H.armigera*, *Diparopsis watersi* Rotschild et *Earias* mais aussi phyllophages comme *Syllepte derogata* Fabricius, *Spodiptera littoralis* Boisduval et *Anomis flava* Fabricius, aucune espérance d'efficacité vis-à-vis des insectes piqueurs suceurs n'étant permise avec les variétés actuellement disponibles), résistance aux herbicides et autres qualités. Cette étape suppose la mise au point préalable d'une méthodologie précise, rigoureuse, fiable et reproductible qui reposera en ce qui concerne l'efficacité des toxines de *Bacillus thuringiensis* sur l'existence d'un laboratoire performant d'élevage des ravageurs retenus pour les études. Cette mise au point permettra en particulier de préciser les périodes de développement de la plante pendant lesquelles l'expression des qualités annoncées apparaît ou est la meilleure. Pour l'expression des toxines de *Bacillus thuringiensis* on devra également attacher une grande importance aux critères de sélection des organes de la plante (type d'organe et âge) qui seront utilisés dans les bio-essais.

Détermination de la sensibilité des principaux ravageurs visés

En parallèle, pour les toxines de *Bacillus thuringiensis* il serait important d'établir les niveaux de sensibilité actuels des principaux ravageurs visés pour permettre ultérieurement, si des cotonniers produisant ces toxines étaient diffusés au Mali, de suivre l'évolution de leur sensibilité à ces toxines par des tests de laboratoire simples. L'établissement de ces bases est donc indispensable.

Etudes prospectives

Parallèlement à ces premières études, des analyses prospectives portant sur les marchés (modification des possibilités d'accueil de la fibre issue de ces cotonniers en fonction des législations des pays habituellement destinataires et recherche d'autres destinations si nécessaire) et sur les modifications socio économiques de la filière

liées à l'introduction de semences de cotonniers génétiquement modifiés (en particulier une dépendance vis-à-vis des producteurs de ces semences) devraient être menées.

Lieu : Sotuba, Samanko et Sikasso

Durée : 2 ans

## **5.2. Transfert du caractère Bt aux principales variétés de cotonnier du Mali**

- Quatre rétro - croisements des variétés les plus performantes avec les cotons transgéniques introduits seront réalisés parallèlement à l'évaluation de leur efficacité, ceci afin de gagner du temps,
- Une sélection généalogique pedigree sur 6 à 7 générations avec autofécondation des souches sera ensuite effectuée afin de parvenir aux résultats escomptés.

Lieu : Sotuba et Sikasso

Durée : 3 à 4 ans (si possibilité de réaliser des croisements en contre-saison)

## **5.3 Expérimentation de cotonniers génétiquement modifiés**

### Recherche sur les itinéraires techniques

Lorsque des variétés de cotonniers génétiquement modifiés adaptées aux conditions du Mali (probablement climatiques et technologiques dans un premier temps) seront disponibles (car il semble que cela est envisagé dans le projet), il conviendrait de vérifier le niveau d'expression de leurs qualités dans la diversité des conditions de culture rencontrée au Mali (climat, sol, pratiques culturales) et d'apprécier le plus rapidement possible les défauts qu'elles pourraient présenter qu'ils résultent ou non de ces qualités (en particulier une sensibilité accrue vis-à-vis de ravageurs non ciblés ou une modification de la structure du sol en l'absence de sarclage). Dans ces études un suivi agro-physiologique des plants génétiquement modifiés en liaison avec leur environnement est souhaitable. A ce stade les premières approches de rentabilité économique de leur culture, incluant des analyses de temps de travaux, pourraient être entreprises pour envisager la possibilité de diffusion de ces variétés dans les conditions actuelles.

Cependant, il serait regrettable que les potentialités des produits issus de cette nouvelle technologie soient limitées par le niveau de productivité moyen actuel de la culture cotonnière au Mali. Des études de rentabilité, qui pourraient être conduites en même temps, devraient d'ailleurs aboutir à la fixation d'un seuil de production en dessous duquel toute rentabilité, au niveau de l'agriculteur, de l'introduction de variétés génétiquement modifiées, sera exclue. Il est donc très probable que d'autres technologies touchant les autres facteurs de production seront à développer pour accompagner la diffusion de ces variétés afin qu'elles expriment toutes leurs potentialités. D'autre part,, en liaison avec les qualités et les défauts de ces variétés, des itinéraires techniques novateurs apparaîtront probablement nécessaires. Par exemple la nécessité d'une protection complémentaire vis-à-vis des insectes piqueurs suceurs ou celle d'une protection précoce compensant simplement une expression trop tardive des toxines par la plante pourrait apparaître ou encore, en supposant que la culture de ces variétés autorise l'absence d'intervention

phytosanitaire et d'entretien contre les adventices, l'augmentation de la densité de plantation dans de fortes proportions, qui s'avère souvent rentable au Mali, pourrait être plus aisément envisagée car elle rencontrerait beaucoup moins d'obstacles à sa diffusion.

### **Diffusion des variétés de cotonnier génétiquement modifiées**

Sur le plan technique, l'exposition permanente des populations des ravageurs, visés par certains cotonniers génétiquement modifiés, à la même pression de sélection insecticide (même si elle est de nature biologique il s'agit de molécules chimiques pour lesquelles des résistances ont déjà été signalées) risque à terme de diminuer leur sensibilité aux toxines émises par ces plantes. Il convient donc de rechercher des dispositifs de diffusion de ces variétés (en liaison avec l'environnement existant) qui limite ce risque (création de zones refuge avec par exemple des variétés de cotonniers ne possédant pas ces qualités) et d'élaborer un programme de suivi de la sensibilité à ces toxines de ces ravageurs, présents sur cotonniers et sur d'autres plantes hôtes (cultivées ou non) constituant d'ailleurs des refuges.

Par ailleurs dans le même souci de durabilité, l'impact de la diffusion de ces variétés sur les autres éléments de l'entomofaune des systèmes de cultures (auxiliaires, agents pollinisateurs, etc) devrait être précisé et évalué dans ses conséquences à l'échelle des systèmes de production. S'il s'agit de variétés résistantes aux herbicides il en sera de même des impacts sur la flore adventice des systèmes de cultures en liaison avec les pratiques qui pourraient être associées à la diffusion de ces variétés.

- Expérimentation en milieu contrôlé :
  - Evaluation du matériel génétique
  - Mise au point des itinéraires techniques adaptés
  - Détermination des zones refuges

➤ Nombre de site : 2 à 3  
Emplacement : N'tarla, Sikasso, Sotuba  
Durée : 2 ans

- Tests en milieu paysan
  - Variétaux
  - Itinéraires techniques
  - Détermination des zones refuges

Nombre de site : 12  
Emplacement : Koutiala : 3, Sikasso : 3, Bougouni 2 ; Fana : 2 , OHVN :12  
Durée : 2 ans

- Etude des conditions de rentabilité du coton Bt
  - Coût de production et rentabilité économique et dépendance
  - Incidences sur l'homme et le milieu
  - Evaluation des risques et des voies de les contrôler
  - Marché de la fibre

#### 5.4. Multiplication et diffusion de semence Bt

- Multiplication G1 et G2 : N'tarla, Sikasso
- Multiplication G3 : N'tarla
- Champ paysan : Koutiala

Superficies : à déterminer selon contrat de production

#### 5.5. Organisation du système de production et de diffusion du coton Bt

- Détermination des schémas de dissémination du coton Bt au Mali
- Détermination des modalités d'exploitation du coton Bt au Mali (contrats d'exploitation)

#### 5.6. Mesures de renforcement de capacités

- Etudes au laboratoire de la callogénèse du cotonnier en relation avec l'IPR/IFRA (thèse d'étudiant)

Durée : 3 ans

Lieu : université américaine, LBMA et IPR/IFRA

## **6 RESULTATS ATTENDUS**

### **6.1. Résultats techniques**

- Le coton transgénique contrôlant le mieux les ravageurs dans les conditions agro écologiques des zones de culture cotonnières du Mali parmi tous ceux expérimentés (Bt coton, Vip coton, etc.), ainsi que son efficacité seront déterminés,
- Des lignées isogènes des variétés locales les plus performantes avec le caractère Bt seront mises au point après quatre séries de rétro croisement,
- Une à deux variétés performante de cotonniers locaux transgéniques seront mis au point après la sélection transgénique et l'expérimentation variétale multilocale qui en définira les zones de cultures appropriées,
- Les capacités scientifiques et techniques du programme coton dans le domaine coton transgénique seront accrues,

### **6.2. Répercussions économiques**

### **6.3. Répercussions sur l'environnement**

## 7. PLAN D'EXECUTION (*chef programme*)

### 7.1. Calendrier d'exécution

	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN5
<b>Act 1</b>	_____	_____			
<b>Act 2</b>		_____	_____	_____	
<b>Act 3</b>				_____	_____
<b>Act 4</b>				_____	_____
<b>Act 5</b>				_____	_____
<b>Act 6</b>		_____	_____	_____	_____

### 7.2. Critères d'évaluation

## 8 PARTICIPANTS

### 8. 1. Chercheurs

Sélectionneur :1,5  
Entomologiste : 1  
Agronome 0,25  
Malherbologiste : 0,25  
Agro-économiste : 0,25  
Spécialiste de biologie moléculaire : 0,25

### 8.2. Programme et centre de l'IER concernés

- Programme: Coton ; Ecofil, SPGRN
- Centre : Sikasso, Sotuba

### 8.3. Collaborateurs externes

CMDT, OHVN  
IPR/IFRA , LBMA, SPT /CQE  
INERA , CIRAD  
Monsanto, Syngenta , Dow Agrosiences



304	Frais de missions nationales		2 250	2 250	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000											13 500	0
307	Eau-électricité	-																			0
308	Téléphone-Communication	-																			0
309	Fourniture de bureau et informatique	-	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500												12 500
	Fourniture de laboratoire BM		3 500	3 500	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000												13 000
	<i>Analyses et travaux tiers</i>		1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000												5 000
310	Maintenance des équipements		1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000												5 000
311	Assurances	3	200	200	200	200	200	200	200												1 000
313	Intrants d'expérimentation	-	250	250	500	500	500	500	500												2 000
315	Divers fonctionnements	-																			0
316	Coûts indirects 30%	-	6 270	6 270	8 910	8 910	8 910	8 910	8 910												39 270
317	Divers																				0
	<b>TOTAL 300</b>		<b>27 170</b>	<b>27 170</b>	<b>38 610</b>	<b>38 610</b>	<b>38 610</b>	<b>38 610</b>	<b>38 610</b>												170 170
<b>400</b>	<b>APPUI EXT. &amp; FORMATION</b>																				0
401	Consultant, assistant	15 J	5 075	5 075	5 075	5 075	5 075	5 075	5 075												25 375
402	Missions d'appui au projet	48J																			0
403	Participation-organisation ateliers	-																			0
404		-																			0
403	Ateliers, voyages internationaux et régionaux,	8	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000												20 000
306	Frais de mission régionales	80	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000												25 000
407	Formation et stagiaires	2																			0
408		2																			0
409	Valorisation/Publication	-																			0
410	Documentat°, diffusion information	-																			0
	<b>TOTAL 400</b>		<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>												70 375
	<b>TOTAL BUDGET GENERAL</b>		<b>0</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>	<b>14 075</b>												0

394745

## Eléments d'estimation des coûts (1000 cfa)

### EQUIPEMENTS

➤ Egreneuse de laboratoire	20 000
➤ Balances	3 000
➤ Petits équipement (photo équipement agricole)	3 000
➤ Matériel informatique	6 000
➤ Véhicules 4/4	20 000
➤ Engins 2 roues	3 000

**TOTAL 55 000**

### INFRASTRUCTURES

➤ Serres sécurisées et parcelles	35 000
➤ Equipement de biologie moléculaire (PCR, ELISA)	10 000

**TOTAL 45 000**

### FONCTIONNEMENT

Fonctionnement véhicule : 5000 km × 12 mois × 300 F	18 000
Carburant motos : 100 l × 12 mois × 2 × 500 F	1 200
Frais de mission nationale : 150 jrs × 15 000 F	2 250
Voyages internationaux : 8 × 500 000 F	4 000
Frais de mission régionales : 40 j × 75 000 + 40 j × 50 000 F	5 000
Fourniture de bureau et informatique	2500

#### Personnel An1 et 2 : (montant annuel)

Chercheur : 3,5 pers × 250 000 F × 12 mois	10 500
Techniciens : 4 x 100 000 F × 12 mois	4 800
Chauffeurs : 1 x 75000 F × 12 mois	900
Gardien : 3 × 50 000 F × 12 mois	1 800
MOT : 3 pers × 1 500 F × 8 mois × 25 jours	900

#### Personnel An 3, 4 et 5

Chercheur : 3,5 pers × 250 000 F × 12 mois	10 500
Observateur : 4 pers x × 50 000 F x 8 mois	1 600
Techniciens : 4 x 100 000 F × 12 mois	4 800
Chauffeurs : 1 x 75 000 F × 12 mois	900
Gardien : 3 × 50 000 F x 12 mois	1 800
MOT : 8 pers × 1 500 F × 8 mois × 25 jours	2 400

## **10. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Cadou J. 1982. Niveau de protection phytosanitaire et rendement de la culture cotonnière au Mali. Coton et Fibres Tropicales, 37, 4, 317 – 325

## **ANNEXE 1 : CADRE LOGIQUE DU PROJET COT1-2**

## Références

Boli Z., Roose E. 2000. Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. La jachère en Afrique tropicale. Ch. Floret et R. Pontanier.

Brons J., Diarra S., Dembélé I., Bagayoko S. et Djoura H. 1994. Diversité de gestion de l'exploitation agricole. Etude sur les facteurs d'intensification agricole au Mali Sud. ESPGRN/IER.

Defoer, T., Kanté, S., Hilhorst, T., Diarra, S., Bagayoko, S., Bengaly, M., Traoré, M. 1995. Vers une approche gestion de la fertilité des sols. Document 95107 ESPGRN-Sikasso, 44p.

Djiteye A.M. 1998. Les légumineuses. Guide PSS N°1 (éditions Jamana).

Doucouré C.O., Healy S. 1999. Evolution des systèmes de production en 94/95 à 97/98. Impact sur les revenus des paysans. CMDT, DPGC, Service Suivi Evaluation, Mali.

Giraudy, F. ; Niang, M. 1996. Impact de la dévaluation sur les systèmes de production et les revenus paysans en zone Mali-Sud. DPCG, Suivi-Evaluation, CMDT.

Kanté A., 1988. Contraintes et possibilités d'amélioration de la production et de l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles de Koutiala. Cas de M'peresso et de Kaniko. Rapport de fin de cycle présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Travaux Agricoles de l'Institut Polytechnique Rural de Katibougou Spécialité Agriculture. p44.

Kanté S., 2001. Gestion de la fertilité des sols par classes d'exploitation au Mali-Sud. PhD Thèse, Wageningen Université. P 218.

Kanté, S., Defoer, T., Bengaly, A., Bitchibaly, K. 1999. Classification et gestion paysanne des terres en milieu Minianka, Senoufo et Bamanan, 37p.

Kanté, S., Defoer, T., Bengaly, A. 1993. Description et utilisation des toposéquences. Rapport d'étape. DRSPR/IER, 20p.

Piéri C. 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, 443p.

## Références

Benedict, J. and D.W. Altman. 2001. Commercialization of transgenic cotton expressing insecticidal crystal protein. In Jenkins, J. and S. Saha (eds). Genetic

Improvement of Cotton: Emerging Technologies. Science Publications, Enfield, New Hampshire, USA. 8:137-201.

Cabanilla, L. S. 2003. "Trip Report: Economic Cost of Non-adoption of Bt Cotton in Mali" Report submitted to Agricultural Economics-Purdue University. February 2003.

Coulibaly, Bakary, 2003 : Field Report : "Economic Cost of Non-adoption of Bt cotton in Mali ". (February 1- 14, 2003).

Edge, J. M.; M. Benedict; J. P. Carroll, and J. Reding, 2001. "Bollgard Cotton: An Assessment of Global Economic, Environmental, and Social Benefits" The Journal of Cotton Science 5:121-136 (2001). Posted in <http://www.jcotsci.org>.

FAO, 1997. FAO Plant Production and Protection Paper no. 141.

GRAIN, (Genetic Resources Action International) 2001. Bt Cotton: Through the Back Door. [www.grain.org/publications/seed-01-12-2-en.cfm](http://www.grain.org/publications/seed-01-12-2-en.cfm)

Greathead, D. J., 1989. "The Potential of Biological Control in Integrated Pest Management of Insect Pests in Cotton", in Green, M.B. and D.J. d. B. Lyon, 1989 (eds). Pest Management in Cotton. Ellis Horwood Limited Publishing.

Green, M.B. and D.J. d. B. Lyon, 1989 (eds). Pest Management in Cotton. Ellis Horwood Limited Publishing.

Hyde, J., M. Martin, P. Preckel and C. Edwards, 1999. "The Economics of Bt Corn: Valuing Protection for the European Corn Borer," Review of Agricultural Economics, 21 (2): 442-451.

Hyde, Jeffrey, M. Martin, P. Preckel, C. Edwards, and C. Dobbins (2000). "Estimating the Value of Bt Cotton: A Multi-State Comparison", Selected paper Presented at the 2000 AAEA Annual Meeting, Tampa, Florida, July 30 – Aug. 2, 2000.

Ismael, Y.; R. Bennett; S. Morse, 2001. "Biotechnology in Africa: The adoption and economic impacts of Bt cotton in the Makathini Flats, Republic of South Africa". Paper presented for AfricaBio Conference: Biotechnology Conference for Sub-Saharan Africa, 26<sup>th</sup>-27<sup>th</sup> September, 2001. Johannesburg, South Africa.

James, Clive, 2002. Global Review of Commercialized Transgenic Crops : 2001 Feature : Bt Cotton. ISAAA Briefs, No. 26 –20002.

Kerby T. A. 1996. Management Considerations in Cotton Production with Special Emphasis on Growing NuCOTN varieties with the Bollgard gene. Delta and Pineland Co.

Pendergrass, J. 1989. "An overview of pest management in cotton in the USA", in Green, M.B. and D.J. d. B. Lyon, 1989 (eds). Pest Management in Cotton. Ellis Horwood Limited Publishing

Pray, et al, 2001. "Impact of Bt cotton in China" World Development. 29(5) : 1-34.

Prentice, A. N. , 1972. Cotton: With Special Reference to Africa. Longman. 1972.  
Vassal, J.M; and M. Vaissayre. 1997. "Decrease in the susceptibility of *Helicoverpa armigera* to pyrethroid insecticides in Cote d'Ivoire" Resistant Pest Management Vol 9, No. 2. posted in: <http://msstate.edu/Entomology/v9n2/rpmv9n2.html>