

F85-26

le 10 Octobre, 1985

F0000081

cl

TITRE DU PROJET

DEVELOPPEMENT ET UTILISATION DE BIOTECHNOLOGIES
EN FORESTERIE ET AGROFORESTERIE DANS LES ZONES
SAHELIENNE ET SOUDANIENNE.

Par Y. DUIMERGUES (1), J. CORSE (2),
D. DREYFUS (3)
B. SALL (4), A. NIANG (5).

- 1 CNRS/ORSTOM/CTFT
- 2 BANQUE MONDIALE
- 3 ORSTOM
- 4 DEFC, Sénégal
- 5 CNRF/ISRA, Sénégal.

T. Généralités et Justifications

1.1 Généralités

La plupart des sols des zones sahélienne et soudanienne ont une faible fertilité, sont souvent déficitaires en azote et en phosphore et ont une structure fragile avec une faible teneur en humus et une mauvaise capacité de rétention en eau. A cause de ces caractéristiques, pareils sols sont plus sensibles à la surexploitation et plus vulnérables à l'érosion. Sous l'effet de la pression démographique, les années de sécheresse aidant, la déforestation a pris de l'ampleur ces dernières années, accélérant le processus de désertification. Les conséquences sont dramatiques car dans les zones sahélienne et soudanienne, les arbres ne sont pas seulement la principale source d'énergie (bois de chauffage ou charbon), ils contribuent aussi pour une large part au bien-être des populations en leur procurant aussi bien une multitude de produits utiles que du fourrage pour le bétail. En outre, il est maintenant bien établi que certaines espèces d'arbres améliorent la fertilité des sols.

Améliorer une situation aussi critique ne peut se faire qu'en mettant en oeuvre des programmes de reboisement appropriés. Là où de tels programmes ont été lancés, ils ont souvent paru inadéquats car :

- 1°/ le matériel végétal utilisé n'était pas toujours le plus adapté aux conditions du milieu ;
- 2°/ les microorganismes symbiotiques (symbiontes fixatrices d'azote ou champignons micorhizateurs) n'étaient pas installés comme il se devait dans le système racinaire des arbres.

Deux technologies peuvent être adoptées pour augmenter simultanément la tolérance des arbres aux conditions précaires de la zone et leur taux de croissance :

- 1°/ sélection et amélioration génétique ;
- 2°/ manipulation des microorganismes symbiotiques.

1. Sélection et amélioration génétique des arbres

Il est bien connu que la reproduction du matériel végétal a été à la base de la majeure partie de l'augmentation de la production agricole pendant ces dernières années, mais pour la reproduction des arbres, surtout quand il s'agit d'espèces de zones arides et semi-arides, on en est au stade de balbutiements. Cependant, la reproduction peut contribuer de façon notable à une augmentation des taux de croissance des arbres si on exploite sérieusement les grandes variations intra-spécifiques. Pour illustrer cette variabilité rappelons-nous que Peter FELKER de l'Université A & M du Texas a rapporté des productivités en biomasse de *Prosopis* allant de 1 à 20 selon les individus. Donc le test de provenance conventionnel est très recommandable.

Cependant, il prend souvent trop de temps pour convenir à des programmes particuliers de reboisement. Heureusement, la multiplication végétative permet d'accélérer la production à grande échelle de sujets génétiquement supérieurs ou le clonage de phénotypes sélectionnés pour leur capacité à fixer l'azote et leur résistance à la sécheresse et à diverses contraintes telles que la salinité.

Les méthodes de multiplication végétatives les plus importantes sont basées sur l'utilisation de boutures et de culture de tissus.

L'utilisation de boutures reste la méthode la plus populaire. Elle est couramment utilisée en Inde et en Thaïlande pour Casuarina Junghuniana. Cette méthode a été beaucoup améliorée par le CTFT dans les plantations industrielles d'eucalyptus. Le coût est minime (\$ 0,10/arbre).

A Dakar, l'ORSTOM a développé une méthode très simple utilisant une planche en polystyrène flottante sur laquelle sont fixées les boutures ; les racines apparaissent en moins de trois semaines avec Casuarina.

. *

La culture de tissus est principalement utilisée pour multiplier des clones (ce processus est aussi appelé micropropagation). L'avantage de la micropropagation est qu'elle peut rapidement produire des milliers ou même des millions de plantules à partir de souches récoltés sur un arbre supérieur. Le groupe de Dakar (ORSTOM/CNRS/Université) a déjà maîtrisé la micropropagation d'Acacia albida et est maintenant en train de développer une méthode originale pour celle de Casuarina. Il reste entendu que la micropropagation doit être utilisée seulement lorsque le bouturage est difficile ou impossible. Actuellement, les problèmes les plus pressants sont :

1°/ la parfaite maîtrise des techniques pour la régénération de plantules issues de plusieurs sélections et provenances ; et

2°/ la garantie de survie des plantules en pépinière et en plantation.

Le potentiel des techniques de culture de tissus ne se limite pas exclusivement à la micropropagation. Ces techniques peuvent être utilisées à d'autres fins telles que : la suppression de maladies, la production haploïde, l'échange de gènes, une large hybridation et la sélection de mutants. La difficulté reste liée à la sélection de variantes obtenues sous l'effet de contraintes imposées (sel, sécheresse, etc...) et donc résistantes à ces contraintes.

.../...

Le laboratoire de l'ORSTOM à dakar est actuellement en train d'étudier la possibilité d'utiliser les techniques de culture de tissus (fertilisation in vitro, fusion de protoplaste pour transférer la capacité de nodulation de la tige de légumineuses à tige nodulante (telles que Sesbania rostrata ou certaines espèces d'Aeschynomene) à d'autres légumineuses à tiges non nodulantes pour mieux les préparer contre les contraintes écologiques grâce à une grande capacité de fixer l'azote et une plus grande tolérance à l'azote du sol. Un certain nombre d'espèces d'Aeschynomene à tige nodulante réussissent à pousser pendant la saison des pluies dans les bas-fonds de la zone sahélienne. Une de ces espèces est Aeschynomene elaphroxylon, un arbre qui donne un bon fourrage.

2. Biotechnologie des microorganismes symbiotiques

Les microorganismes symbiotiques (= symbiotes = endophytes symbiotiques) considérés en association avec des plantes supérieures entrent dans quatre principales catégories :

1°/ Rhizobium, en association avec plusieurs espèces de la famille des légumineuses (plus le genre Parasponia) ;

2°/ Frankia, en association avec des plantes actinorhiziennes (tel les que Ainus, Caesalpinia, Myrica) ;

3°/ Champignons endomycorhiziens, associés à la grande majorité des plantes (annuelles et perennes), le plus important champignon endomycorhizien étant le champignon vésiculo-arbusculaire ou champignon VA (qui forme des vésicules et des arbuscules dans le cortex racinaire des plantes parasitées) ;

4°/ Champignons ectomycorhiziens associés à des arbres (Eucalyptus, Pinus).

.../...

Rhizobium et Frankia fixent l'azote atmosphérique procurant ainsi à la plante-hôte l'azote nécessaire, quand la teneur en azote du sol est faible ou nulle. Ecto et endomycorhize augmentent la quantité de phosphore disponible à la plante. Ecto et endomycorhize améliorent également l'absorption d'oligo-éléments tels que le zinc et le cuivre, présents dans le sol mais non mobilisables. Il est reconnu que les mycorhizes jouent un rôle primordial dans l'absorption de l'eau par les plantes ; ce qui explique pourquoi les arbres à mycorhize supportent la crise de transplantation mieux que les autres.

Un arbre sélectionné pour ses performances (croissance rapide, grande capacité fixatrice d'azote, tolérance au sel) peut, en plantation, ne pas donner les résultats escomptés en présence de facteurs limitants. Il est donc nécessaire d'identifier ces facteurs limitants et d'essayer d'y faire face,

Dans les zones tropicales arides et semi-arides, les principaux obstacles à l'installation et à la croissance des arbres sont les sols pathogènes, les déficits en azote et en phosphore, et la sécheresse qui est souvent associée à une salinité excessive des sols. Les sols pathogènes peuvent être éliminés en procédant à une stérilisation au niveau de la pépinière même. Les effets d'un déficit en phosphore et de la sécheresse sont souvent réduits d'une façon notable par l'inoculation de mycorhize.

Les espèces fixatrices d'azote peuvent surmonter un déficit en azote, si elles sont inoculées de manière convenable

L'élimination des sols pathogènes par la stérilisation au niveau de la pépinière est d'une nécessité absolue. Une récente expérience menée à Sangalkam au Sénégal a montré que 17 mois après le semis de graines d'Acacia holosericea, le taux de survie était de moins de 37% si le sol de la pépinière

.../...

n'avait pas été stérilisé au préalable, alors qu'il était de presque 90% quand le sol avait été stérilisé. La stérilisation au niveau de la Pépinière n'est pas coûteuse et peut être facilement réalisée en utilisant un désinfectant à usage multiple comme le Dazomet (un nématicide bien connu).

Un complément nécessaire à la stérilisation des sols des pépinières est l'inoculation avec des microorganismes symbiotiques appropriés, soit Rhizobium ou Frankia (pour les arbres fixateurs d'azote) soit des champignons endo ou ectomycorrhiziens (pour toutes les espèces arborées). Nous basant sur les résultats d'expériences passées, nous recommandons habituellement l'inoculation des arbres fixateurs d'azote avec, simultanément, une symbiote fixatrice d'azote (Rhizobium ou Frankia) et un champignon mycorrhizien (ecto ou endomycorrhizien).

Au niveau de la pépinière, cette double inoculation se traduit par un effet spectaculaire et améliore remarquablement la croissance de la plante.

Appliquer ces nouvelles technologies semble être l'approche la plus prometteuse pour surmonter les difficultés rencontrées jusqu'à présent dans la mise en oeuvre de projets de reboisement dans les zones sahéliennes et soudanaises. Un certain nombre d'essais en plein champ menés au Sénégal par des chercheurs de l'ORSTOM en collaboration avec le CTFT, le Centre National de la Recherche forestière (ISRA/CNRF) et la Direction des Eaux et Forêts ont clairement montré que les approches proposées peuvent être recommandées de façon sûre pour assurer le succès du reboisement dans les situations difficiles.

Cependant, il importe de bien tenir compte que le niveau actuel dans le développement de la technologie est encore bas. La raison principale est que la recherche fondamentale (sur laquelle doit s'appuyer la recherche appliquée) n'est pas suffisamment avancée. Les récents progrès dans le domaine de l'a

.../...

cul ture des tissus végétaux et dans celui de la manipulation des mi croorgani smes symbi otiques doivent être davantage exploités et l es recherches encore approfondi es.

Une liste initiale de priorités devrait inclure les thèmes suivants :

1. Amél iorat ion génétique des arbres, par tous les moyens disponibles y compris les techniques de culture de t i s s u s ;
2. Amélioration des rnéthodes de cultures de certaines symbi ontes diff ici les ;
3. Développement de méthodes appropriées pour l 'éta- blissement et l'entretien de plantations dans un système agro-sylvo-pastoral ; et
4. Résol ut i on des probl èmes soci o-économi ques ren- contrés dans la mise en oeuvre de programmes de rebo i sement .

Le travail qui reste à faire ne sera pas facile et demandera un engagement du rable , mais les possibili tés'sont d'ur intérêt passionné. Pour atteindre les buts ci -dssus ment ionnés la solution idéale serait ci'implique en même t emp s les cher- cheurs des p a y s sahéli ens e t nord soudani ens et ceux d'aut res pays où les progrès dans ce domaines sont p l u s substantiels. Cet objectif pourrait être plus facilement atteint en créant dans la zone sahélo-soudanaïenne une Institution Pilote Opératio- nelle (IPO) qui serait liée aux laboratoires se trouvant dans les pays où de telles technologie sont plus sophistiquées.

Plusieurs gouvernements, spécialement ceux du Sénégal de la Mauritanie, du Mali et de la Gambie ont déjà exprimé leur intérêt dans le développement de ces technologies ; et le Séné- gal semble être disposé à abriter l'inst i tut ion proposée.

.../...

12. Justification.

Les justifications fondamentales du projet sont les suivantes :

1. Le besoin de développer notre connaissance et notre savoir-faire dans le domaine de l'amélioration génétique des arbres et la manipulation des microorganismes symbiotiques ;

2. Le besoin de développer les techniques spécifiques de vulgarisation en tenant compte des différents problèmes socio-économiques ;

3. Le besoin de former des chercheurs et des techniciens des zones sahélienne et soudanienne dans le domaine des technologies les plus récentes ;

4. Le besoin de promouvoir la coopération entre les différents pays des zones sahélienne et soudanienne et de stimuler les échanges entre leurs chercheurs et ceux des pays plus avancés disposés à participer à l'entreprise.

Il reste évident que pour atteindre ces buts, il faut un effort soutenu pendant au moins plus d'une décennie, d'abord pour développer le programme de recherche au laboratoire et en plein champs et former les chercheurs de la zone, et ensuite pour mettre sur pied un réseau fournissant aux pays de la zone l'assistance nécessaire au renforcement de leur capacité à faire des plantations selon les nouvelles technologies qui seront disponibles.

En d'autres termes, le projet proposé est un préalable à la mise en oeuvre de tout programme national de reboisement ; ce qui veut dire qu'il mérite bien une considération toute particulière.

Les objectifs mentionnés plus haut se rapportent directement à la politique de la plupart des gouvernements de la zone actuellement déterminés à s'attaquer systématiquement

.../...

et avec constance aux difficultés du reboisement non encore résolues.

13. Considérations spéciales

1. Il est clair que les résultats du projet seront directement utilisables par les services nationaux chargés des programmes de reboisement et d'agrisylviculture. Il n'est pas moins évident que le transfert des résultats du projet exigera le développement d'une action bien coordonnée, nécessitant la participation de chaque pays concerné.

2. Le Laboratoire de l'ORSTOM à Dakar, en collaboration avec deux institutions sénégalaises (ISRA/CNRF et Direction des Eaux et Forêts) a déjà une grande expérience dans le domaine de la manipulation des symbiotes de racines et de la multiplication végétative d'un certain nombre d'arbres de la zone fixateurs d'azote (Acacia senegal, A. nilotica, A. holosericea, A. raddiana, Prosopis sp.). Donc il existe déjà un noyau de savoir-faire sur lequel le projet peut s'appuyer au début de son fonctionnement. Il jouera non seulement le rôle de tremplin mais encore il garantira le succès de l'entreprise.

3. Un autre facteur favorable est l'association mondiale d'un certain nombre de laboratoires de pays plus avancés (U.S.A., Europe). Quelques uns ont déjà été identifiés il s'agit du groupe dirigé par P. FELKER aux Etats-Unis et du groupe BSSF/CTFT à Nogent-sur-Marne (France). L'on devrait ajouter ici que ce laboratoire pourrait être plus tard associé à une institution qui serait patronnée par la ville de Nice en France (Fondation Internationale de Biotechnologie Végétale de In Ville de Nice). Les compagnies privées également pourraient être impliquées dans l'entreprise. Le rôle des laboratoires des pays avancés serait essentiellement :

.../...

- a) la formation de chercheurs de la zone ; et
- b) la recherche fondamentale pour résoudre les problèmes pratiques soulevés par la sélection et l'amélioration génétique des arbres et leurs symbiotes.

4. Nous avons déjà souligné qu'une action bien coordonnée était indispensable pour atteindre les buts qui ont été déterminés. Plus haut, nous avons suggéré que cette action soit laissée aux soins d'une Institution Pilote Opérationnelle (IPO) qui devrait être basée dans un des pays de la zone. Cependant, il convient de retenir que cet objectif ambitieux ne peut pas être atteint dans l'immédiat. Aussi avons-nous proposé une démarche indiquant les différentes mesures préliminaires à prendre avant le début de la mise en place de l'IPO, (voir paragraphe 3.1.).

2. Résultats attendus

2.1. Objet

2.1.1. Exposé de politique

L'objectif principal est de coordonner les activités de recherche, de formation et de vulgarisation dans les zones sahélienne et soudanienne de façon à obtenir les résultats suivants :

1. **Production de matériel végétal amélioré pour les programmes à réaliser dans la zone ;**
2. **Maîtrise des techniques d'inoculation dans les pépinières (basées sur l'utilisation de symbiotes fixateurs d'azote et, plus précisément de Rhizobium et Frankia, et de champignons mycorhiziens) ;**
3. **Formation de chercheurs de la zone dans les deux domaines précités ;**

.../...

4. **Formation de techniciens de la zone pour la maîtrise des techniciens de la zone travaillant en association avec d'autres chercheurs ;**
5. **Développement de l'information socio-économique en relation avec la mise en oeuvre de programmes de reboisement à différents niveaux (pays, villages particulièrement menacés) ;**
6. **Augmentation de la Production fourragère parallèlement à l'augmentation escomptée de la production de bois, permettant ainsi une croissance soutenue du cheptel .**

Les autres résultats importants du projet seront :

1. **Etablissement d'un réseau d'activités de recherche entre les pays de la zone et certains pays avancés ; cela se fera par le biais d'échanges de chercheurs entre ces différents pays.**
2. **Echange d'informations et de savoir-faire sur les développements dans les techniques de reboisement pour le grand bénéfice de la zone ; l'on obtiendra cela par une assistance technique directe dans le domaine de la communication et par des ateliers annuels pour promouvoir les contacts directs entre chercheurs ;**
3. **Publication et diffusion de l'information sur les problèmes socio-économiques rencontrés dans la mise en oeuvre de programmes de reboisement ; et description de la solution proposée pour résoudre ces problèmes ;**
4. **Conseil aux gouvernements et institutions intéressés dans les domaines de l'identification des priorités et la coordination des programmes de reboisement y compris l'implantation et la gestion.**

.../...

2.1.2. Considérations techniques

L'exposé de politique est basé sur les résultats obtenus dans différents pays tropicaux et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest, par plusieurs institutions. Le problème de la désertification et des éléments d'une stratégie pour une meilleure gestion des ressources dans la Zone ont été clairement présentés dans un rapport de la Banque Mondiale (n° 5210 du 19 Février 1985). Ce rapport contient une longue liste de références. Les approches techniques proposées sont surtout basées sur le travail réalisé en Afrique de l'Ouest par le groupe ORSTOM et par l'Université TEXAS A & I. *Inde, Kenya, Haïti, Canada, Nigeria, Chili*

Le livre sur l'agrosylviculture édité par P. HUXLEY (1982) s'est avéré une précieuse source d'information. Il a également été tenu compte d'autres documents importants provenant d'ICRAF.

Partant de cet important lot de données, l'on a conclu que deux technologies sont nécessaires pour réussir le reboisement dans la Zone, en augmentant les taux de survie et de croissance des arbres et en renforçant leur tolérance aux difficiles conditions sahéennes et soudaniennes (surtout à la sécheresse et à la salinité) :

- 1/ Sélection et amélioration génétique des arbres en utilisant les techniques de culture de tissu ;
- 2/ manipulation adéquate des microorganismes symbiotiques (symbiontes fixatrices d'azote et champignons mycorhiziens).

Comme le niveau actuel de la technologie est encore inadéquat, il apparaît nécessaire d'approfondir les recherches dans les deux domaines précités. Un tel approfondissement des recherches appelle évidemment la création d'une institution avec deux buts : la recherche et la formation. La formation est un

préalable car actuellement seuls quelques chercheurs sont familiers avec les technologies en question.

La plupart d'entre eux sont des ressortissants de pays industrialisés et ils n'ont étudié que quelques espèces d'arbres parmi celles nombreuses qui méritent d'être étudiées.

Le transfert des résultats, dont on espère qu'ils bénéficieront aux pratiques de reboisement, entraîne deux autres choses :

1/ Le développement de méthodes appropriées pour l'établissement et l'entretien de plantations dans un système agro-sylvo-pastoral (c'est-à-dire la résolution de problèmes spécifiques d'agrosylviculture survenant dans chaque type d'environnement) ;

2/ L'élucidation et la résolution des problèmes socio-économiques rencontrés dans la mise en oeuvre de programmes de reboisement.

2.2. Résultats

Les types de résultats étaient les suivants :

2.2.1. Recherche

- Amélioration des méthodes de sélection individuelle des essences avec une meilleure survie, un meilleur taux de croissance et un accroissement de la résistance aux différentes contraintes climatique et édaphique, accroissent de la production de fourrage,

- Amélioration de méthodes d'obtention de plants résistants à la sécheresse et à la salinité par les techniques de culture de tissus ;

- amélioration des méthodes de multiplication végétatives (bouturage et micropropagation) ;

.../...

- **Maîtrise des techniques d'inoculation au niveau pépinière par :**

- + la sélection des symbiotes fixateurs d'azote les plus performants, surtout Rhizobium);
- + la sélection des meilleurs champignons ecto ou endomycorrhiziens;
- + l'amélioration des méthodes d'inoculation ;

- Amélioration des techniques de transplantation et d'établissement de plantations : espacement, sarclage, fertilisation (un peu d'engrais phosphaté pourrait très souvent être nécessaire) .

- Évaluation du coût des nouvelles technologies ;
- évaluation de l'impact sur les conditions de vie des populations ;
- évaluation des contraintes socio-économiques.

2.2.2. Formation

La formation des chercheurs devrait s'orienter vers ces 3 directions :

- La micropropagation végétative et les autres techniques de culture de tissus ;
- la biologie des microorganismes symbiotiques;
- la Sociologie et l'économie

2.2.3. Transfert des connaissances et vulgarisation

Le transfert des résultats aux techniciens et aux paysans demande une association avec les Agronomes et les Forestiers qui doivent avoir les informations sur les nouvelles techniques par des séances de travail visant le contact avec les chercheurs

.../...

spécialisés sur les technologies nouvelles.

Avec l'aide de ces chercheurs, les Agronomes et les forestiers pourront :

- 1°) donner de meilleurs avis pour la participation des gouvernements et institutions ;
- 2°) donner l'assistance technique adéquate pour la mise en oeuvre des programmes de reboisement régionaux ou locaux.

2.3. Programme des activités

2.3.1. Programme de recherche

Rappelons que l'objectif du programme de recherche est de développer les nouvelles techniques de reboisement en vue de reconstituer le couvert végétal pour :

- 1) protéger les zones sahélienne et soudanienne des processus insidieux de désertification ;
- 2) accroître la production de bois et de fourrage dans ces zones au profit des populations locales.

Biotechnologie : Les techniques les plus récentes doivent être utilisées aussi bien sur le matériel végétal lui-même (technique de culture de tissu) que dans l'association avec les symbiotes. Il sera nécessaire de tester les résultats en champ dans différentes conditions édaphiques et climatiques, ce qui nécessitera un réseau de sous stations dans différents pays.

Etudes socio-économiques : Les études sociologiques doivent se baser sur celles déjà réalisées en zones sahélienne et soudanienne. Ces études ne devraient probablement pas demander trop de temps contrairement, par exemple, aux études économiques.

.../...

Ces dernières ne devront être entreprises qu'après avoir mis en place toute une série d'expériences.

2.3.2. Formation des chercheurs des Zones sahélienne et soudanienne.

Il est recommandé que cette formation se déroule en 2 phases :

- une formation purement académique (1-2 ans) dans une Université étrangère ;
- une formation plus pratique (1-2 ans) à effectuer en zones sahélienne et soudanienne.

A l'issue de cette période de formation, le chercheur défendra une thèse de Doctorat dans une Université Africaine, Européenne ou Américaine.

2.3.3. Formation des techniciens des Zones sahélienne et soudanienne.

La formation pratique et les cours devront durer 2 ans avec des examens périodiques tous les 3 mois. Ils doivent porter sur les sujets suivants :

- techniques de cultures de tissus,
- culture de microorganismes symbiotiques et techniques d'inoculation,
- techniques de pépinières,
- méthodes d'établissement et d'entretien des plantations,
- méthode de cubage et d'estimation de la production fourragère.

3. MOYENS A METTRE EN OEUVRE :

3.1. Exposé de politique

Tenant compte des résultats et des activités décrites

.../...

ci-dessus, il apparaît nécessaire de procéder en 3 étapes.

3.1.1. 1ère Etape (années 1 à 3) : création d'une unité préliminaire de coordination (UPC) et d'un réseau préliminaire (RP).

3.3.1.1. Unité préliminaire de coordination (UPC)

L'objectif de l'UPC sera de raffermir le potentiel de l'actuel groupe de Dakar. Nous avons déjà mentionné que ce groupe a déjà obtenu des résultats prometteurs dans le domaine de la biotechnologie appliquée aux problèmes forestiers et agrosylvicoles. Ce groupe est composé de chercheurs de l'ORSTOM, de la Direction des Eaux, Forêts et Chasses du Sénégal (DEFC), du Centre National de Recherches Forestières (CNRF) du Sénégal associé au Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) et de l'Université de Dakar. Les facilités de recherche existantes devront être étendues pour que ce groupe puisse servir de noyau de formation pour le personnel de l'IPO et comme centre de coordination pendant la première étape.

3.3.1.2. Réseau préliminaire (RP)

Ce réseau pourrait comprendre les institutions de certains pays des Zones sahélienne et soudanienne : le Soudan, le Kenya, le Burkina-Faso, le Mali et quelques institutions de pays plus avancés (voir § 13).

Les principaux résultats attendus de cette première étape sont les suivants :

- formation de chercheurs des Zones sahélienne et soudanienne qui seraient le noyau de l'équipe de l'IPO,
- formation de techniciens de Zone sahélienne et soudanienne,
- commencement des recherches sur un nombre limité à 3 espèces (surtout, mais limitées à celles fixatrices d'azote) connues comme étant les plus intéressantes,
- commencement des études socio-économiques.

.../...

3.1.2. 2ème Etape (années 4 à 5) : Mise sur pied de l'Institution Pilote Opérationnelle (IPO)

Le siège de l' IPO sera décidé d'accord parties avec les différents pays des Zones soudano-sahéliennes.

Le délai nécessaire pour la construction du siège et la commande des équipements et fournitures nécessaires est estimée à 2 ans.

•

3.1 .3. 3ème Etape (années 6 à 10) : fonctionnement de l' IPO et extension du réseau ;

Comme assez de chercheurs auront été formés pendant les 2 premières étapes, l' IPO sera opérationnel le aussi tôt que le siège sera prêt.

Le réseau préliminaire mis en place dès la première étape. sera agrandi et comprendra toute institution désirant participer et montrant de réelles dispositions de nature à contribuer à l'entreprise.

3.2. Ressources pour la 1ère Etape

3.2, 1. Unité préliminaire de coordination de Dakar (UPC)

Constructions à réaliser dans les environs de Dakar

- Laboratoire ; ;	300m2
- Bureaux	50m2
- Bibliothèque et unité audiovisuel.....	100m2
- Serre	200m2

Equipement et fournitures

- Equipement	200,000	\$ US
- Fournitures	50.000	\$ US/an

Cela comprend la main-d'oeuvre temporaire et les déplacements.

.../...

Personnel

- Chef d'unité : 1
- Agent administratif : 1
- Chercheurs (y compris experts, internationaux) : 8
- Techniciens : 6

3.2.2. Réseau préliminaire (R.P)

- Formation 30.000 \$ us
- Mission (y compris indemnités journalières)..... 30.000 \$ US/an
- Expérimentation en plein champs..... 50.000 \$ US/a,

3.3. Ressources pour la construction et le fonctionnement de l'IPO

3.3.1. Construction

- Laboratoires..... 200 m2
- serres et abris..... 500 m2
- bureaux 200 m2
- Bibliothèque 200 m2
- Atelier 200 m2
- Chambre de passage et cafétéria..... 200 m2

3.3.2. Equipements

- Equipement de bureau
- Equipement de labo
- Equipement de Bibliothèque 1.000.000 \$ US
- Equipement des ateliers
- Véhicules

3.3.3. Personnel

- Directeur de l'IPO ;
- Adjoint ;
- Administrateur ;

.../...

- Chercheurs et Professeurs : 20 (y compris les experts)
- instructeurs et assistants : 10
- Bibliothécaire : 1
- Service général : 10

3.3.4. Entretien

L'entretien pourra t être supporté conjointement par le pays hôte et les bailleurs de fonds du projet - au moins pendant sa durée de vie./.