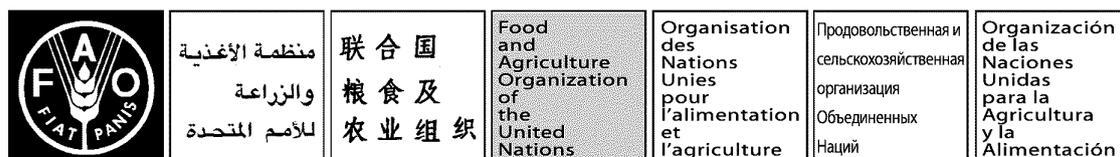


Janvier 2009



Conférence technique internationale de la FAO

Biotechnologies agricoles dans les pays en développement: choix et perspectives pour les cultures, les forêts, l'élevage, les pêches et l'agro-industrie face aux défis de l'insécurité alimentaire et du changement climatique (ABDC-10)

Guadalajara (Mexique), 1 – 4 mars 2010

Synthèse: Statut actuel et options pour les biotechnologies forestières dans les pays en voie de développement

Introduction

Les forêts et autres zones boisées remplissent des fonctions économiques et écologiques essentielles. Elles procurent non seulement des biens et des moyens d'existence mais elles protègent aussi les sols, régulent l'eau et absorbent le carbone. Les forêts abritent aussi une grande part de la biodiversité mondiale. En couvrant un peu moins de 4 milliards d'hectares, les forêts représentent environ 30 pour cent des terres de la planète. La production de produits ligneux et non ligneux est la fonction première de 34 pour cent des forêts du monde. Plus de la moitié de l'ensemble des forêts sont utilisées pour la production de bois et de produits non ligneux en assurant aussi d'autres fonctions comme la protection des sols et de l'eau, la conservation et le renouvellement de la biodiversité. Seul 5 pour cent des forêts dans le monde sont issues de plantations réparties en peuplements naturels ou semi-naturels, en grande partie non gérés et non domestiqués. Les forêts plantées sont en expansion et leur contribution à la production mondiale de bois atteint près de 50 pour cent du total. Plus de la moitié de la biomasse ligneuse consommée mondialement – et au-delà de 80 pour cent dans les pays en voie de développement - est brûlée comme carburant. Les moyens d'existence d'environ 1,6 milliards de personnes reposent amplement sur les ressources forestières. Et 60 millions de personnes autochtones vivent dans les forêts ombrophiles d'Amérique latine, d'Asie du Sud-Est et d'Afrique occidentale et en dépendent fortement. Il s'y ajoute 350 millions de personnes qui vivent au sein ou à proximité des forêts denses et comptent sur elles pour leur subsistance ou leur revenu, tandis que, dans les pays en voie de développement, 1,2 milliards de personnes exploitent des arbres dans les fermes pour se procurer nourriture et revenu.

Le tirage du présent document est limité pour réduire au maximum l'impact des méthodes de travail de la FAO sur l'environnement et contribuer à la neutralité climatique. Les délégués et observateurs sont priés d'apporter leur exemplaire personnel en séance et de ne pas demander de copies supplémentaires.

La plupart des documents de réunion de la FAO sont disponibles sur Internet, à l'adresse www.fao.org

La forêt et les ressources forestières sont gérées selon divers types de systèmes dont l'intensité de gestion varie et dont la nature va des forêts naturelles primaires aux plantations industrielles productives. Divers facteurs modèlent la tendance mondiale, conditionnent les décisions d'investissement et déterminent les priorités de recherche en matière de biotechnologie forestière - ils mettent aussi en évidence les différences importantes qui caractérisent les utilisations des biotechnologies en sylviculture par rapport à celles des cultures agronomiques ou de l'élevage. Ces facteurs sont les suivants : les arbres des forêts sont fortement hétérozygotes, pérennes dotés d'une grande longévité, d'une maturité sexuelle tardive et d'un cycle de régénération long, ce qui donne une priorité élevée à la conservation de la diversité génétique perçue comme une police d'assurances contre le changement rapide; la plupart des essences forestières sont étroitement adaptées à une région, impliquant un nombre d'espèces utilisées en plantation plus élevé que celui utilisé pour les cultures agronomiques; Les arbres des forêts sont la clef de voûte des écosystèmes dynamiques, donc la gestion contre leur disparition se traduit par davantage que la simple survie des arbres; les essences forestières sont en grande partie non domestiquées bien que quelques espèces aient fait l'objet d'une certaine amélioration des populations sur une à quatre générations.

Ce document résume les éléments clefs du document ABDC-10/4.1 qui évalue l'utilisation des biotechnologies forestières dans les pays en voie de développement et examine l'étendue de leur utilisation actuelle, les raisons de leur succès ou échec passés, les nouveaux défis et les options possibles tant pour les pays en voie de développement que pour la communauté internationale (FAO, organisations des NU, ONG, donateurs et agences de développement).

Dresser l'inventaire – Enseignements du passé

Les dernières décennies on vu la biotechnologie forestière développer un ensemble dynamique d'outils, dépassant la recherche pour aller vers le commerce et le développement mondial. Historiquement, les applications biotechnologiques forestières ont été développées et destinées aux forêts plantées. Pourtant, les forêts sont encore aujourd'hui plantées à partir de matériel reproducteur non domestiqué. Si quelques essences forestières sont aux premiers stades de domestication, elles ne sont, cependant, qu'au mieux semi-domestiquées. Quant aux technologies conventionnelles, l'amélioration forestière est un concept du vingtième siècle développée bien après l'apparition de la génétique quantitative et son objectif premier était d'identifier et de sélectionner des sources de semences sauvages appropriées aux forêts plantées. Seuls quelques programmes de sélection récurrente ont vu le jour. Les cycles de sélection étaient longs, en partie parce que la sélection des populations était essentielle. La sélection récurrente des arbres se réfère à l'application des lois génétiques de Mendel dans un système sylvicole donné dans le but d'améliorer la qualité génétique de la forêt. Son objectif est *d'améliorer la valeur génétique de la population tout en maintenant la diversité génétique*. La diversité génétique est perçue comme une police d'assurance contre la disparition catastrophique au-delà d'une seule génération. Ces programmes de génération avancée ou de sélection récurrente se réfèrent à l'amélioration des populations et non au développement des lignées sélectionnées ou autofécondées. Rares sont les essences forestières plantées aujourd'hui qui ont fait l'objet d'une amélioration des populations de première génération. C'est un point subtil mais important quand on compare les avancées de la biotechnologie forestière avec celles des biotechnologies animale et végétale. Les sélectionneurs d'essences forestières pèsent l'importance du gain génétique contre celle d'une diversité génétique suffisante, le soin d'éviter la dépression de consanguinité et l'incertitude à long terme.

Gestion des forêts à régénération naturelle : Des marqueurs à base d'ADN et biochimiques sont disponibles pour un nombre croissant d'espèces tropicales. Aujourd'hui, ces découvertes guident des plans opérationnels de gestion de la forêt dans les pays en voie de développement, mais seulement pour un très petit nombre d'essences forestières sur les centaines qui sont gérées dans les forêts tropicales à régénération naturelle. Ce secteur de la

biotechnologie forestière continue à s'étendre, passant du développement d'outils à l'acquisition de connaissance fondée sur l'hypothèse. Une telle orientation de la recherche est une source puissante de connaissance pertinente pour protéger les forêts tropicales. Cette recherche se réoriente aussi des marqueurs moléculaires vers la génomique. La disponibilité des données de séquençage de l'ADN apporte un net avantage pour la recherche internationale sur les forêts tropicales. Les données de génomique apportent une nouvelle compréhension en matière de biologie comparative des forêts tropicales. Il se peut que l'application la plus immédiate soit un projet international de code-barres pour les plantes. Cette utilisation émergente de la génomique a été appliquée à plusieurs secteurs de la recherche dont la phylogénie.

Les outils biotechnologiques tels les marqueurs moléculaires et la génomique peuvent donc grandement accroître nos connaissances sur les forêts tropicales à régénération naturelle et permettre de mieux comprendre la nature des écosystèmes entiers de forêt tropicale, y compris le rapport entre les arbres et les communautés microbiennes avec lesquelles ils interagissent; ce qui peut influencer les stratégies employées pour gérer les forêts tropicales.

Forêts Plantées : Bien qu'il y ait une certaine correspondance, la gamme de biotechnologies utilisées pour les forêts plantées est généralement très différente de celle utilisée pour les forêts à régénération naturelle. Les plantations peuvent avoir différents types de systèmes de gestion (intensive, semi-intensive) et utiliser différents types de matériel génétique (matériel sauvage, arbres génétiquement améliorés). Selon l'intensité de gestion et le matériel génétique utilisé dans la forêt plantée, différents groupes de biotechnologies peuvent être utilisés. Pour simplifier, trois groupes de biotechnologies peuvent être identifiés selon le type de forêt plantée, allant du moins sophistiqué au plus avancé.

Un premier groupe de biotechnologies est adapté aux forêts plantées les moins intensivement gérées et inclut une gamme de méthodes de propagation végétative, y compris la micropropagation basée sur la culture de tissu, les engrais biologiques et la prise d'empreinte génétique par l'utilisation des marqueurs moléculaires. Les biotechnologies forestières dans ce type de forêt plantée contribuent à la santé et la qualité tant avec des essences autochtones qu'exotiques. La propagation végétative propose un grand choix des techniques convenant à la multiplication rapide des génotypes. Cela s'est avéré utile pour les espèces à graines rares ou récalcitrantes et pour multiplier rapidement des génotypes sélectionnés. Alors que la micropropagation a été étudiée dans les pays en voie de développement sur un grand nombre d'essences ligneuses, la majorité des travaux (94 %) en sont encore au stade laboratoire, et peu d'entre eux (5 %) en sont au stade d'essais sur le terrain. Moins de 1 % des activités de micropropagation rapportées dans les pays en voie de développement ont atteint le stade d'application commerciale. L'utilisation d'engrais biologiques a donné des résultats positifs aussi bien pour les espèces forestières autochtones qu'exotiques, dont les eucalyptus, les acacias et les cyprès. Les symbiotes étudiés comprennent des bactéries fixatrices d'azote comme *Rhizobium* et *Azolla*, des algues bleues-vertes et des champignons mycorhiziens. Outre leur effet dans les forêts plantées les moins intensivement gérées dans les pays en voie de développement, les engrais biologiques ont aussi prouvé leur efficacité dans les forêts en gestion plus intensive. Différents types de marqueurs moléculaires et biochimiques ont aussi été utilisés pendant des décennies dans ces premiers programmes d'amélioration forestière. Ils ont servi, par exemple, à mesurer la diversité génétique des populations sélectionnées, tester la contribution paternelle à la descendance cultivée dans des essais de terrain et vérifier l'identité génétique pendant la phase de propagation végétative.

Le second groupe de biotechnologies est adapté aux forêts plantées qui fournissent des matières premières industrielles à grande échelle de plantation. Les espèces en peuplement pur utilisées pour ces plantations peuvent être autochtones ou exotiques et font l'objet d'une gestion intensive. Ce groupe de biotechnologies inclut l'embryogenèse somatique, les

marqueurs moléculaires et les analyses des locus des caractères quantitatifs (QTL), le séquençage de génome entier et la génomique fonctionnelle. Bien que des succès aient été rapportés avec l'utilisation de l'embryogenèse somatique (une technique de culture de tissu) pour quelques espèces commerciales, il existe encore des obstacles majeurs à son application opérationnelle à grande échelle aux arbres de forêt dans les pays en voie de développement. L'amélioration et la sélection dans le programme de sélection récurrente peuvent être améliorées en localisant les QTL qui influencent le(s) caractère(s) d'intérêt et en les utilisant pour la sélection assistée par marqueurs. La recherche de QTL pour les arbres de forêt est plus onéreuse et mobilise davantage de ressources informatiques que pour la plupart des espèces agronomiques et animales, parce que les pedigrees d'arbres de forêt sont issus de fécondation croisée et fortement hétérozygotes. La génomique fondée sur les gènes ou inverse peut être utilisée pour identifier et caractériser les gènes d'intérêt. Pour les espèces à bois dur comme *Eucalyptus* spp. ou *Populus* spp., les tailles de génome sont du même ordre de grandeur que celles du riz, de la tomate et d'*Arabidopsis*. Le génome du peuplier a été le premier à être séquencé en entier pour les arbres de forêt. L'initiative de séquençage du génome entier de *Eucalyptus* représente un effort encore plus grand qui implique 130 scientifiques dans 18 pays dont le Brésil et l'Afrique du Sud.

Le troisième groupe de biotechnologies et le plus sophistiqué inclut les approches de génomique inverse et backward, le séquençage du génome entier, la propagation végétative peu onéreuse et la modification génétique d'arbres de forêt. A ce jour, le seul rapport de plantations commerciales avec des arbres génétiquement modifiés (GM) concerne le peuplier, en Chine. Cependant, la plupart des espèces d'arbre utilisées dans les forêts plantées a été transformée avec succès au niveau expérimental. Les caractères qui ont fait l'objet de nombreuses études incluent le port, la résistance aux herbicides, des caractères de floraison, la teneur en lignine, la résistance aux insectes et aux champignons. De nombreux pays en voie de développement possèdent désormais des règlements de prévention des risques biotechnologiques pour les espèces d'importance agricole, y compris les arbres fruitiers, même si plusieurs autres manquent encore de tels cadres et de la capacité pour les mettre en œuvre. Toutefois, il n'existe aucun règlement spécifique à l'utilisation d'arbres de forêt GM. Bien que la politique et les règlements adoptés pour les espèces agronomiques conviennent aussi probablement pour les essences forestières, celles-ci présentent des défis spéciaux (des cadres et des durées de vie longues, une ressource sauvage, les constituants principaux d'un écosystème). Les forêts ne sont pas seulement des arbres, et les écosystèmes forestiers sont plus fragiles, vivent plus longtemps et sont moins étroitement contrôlés que les champs de cultures agronomiques. Le processus décisionnel est compliqué par le fait que, contrairement à l'agriculture principalement perçue comme un système de production, les forêts le sont généralement comme un système naturel, important non seulement pour la conservation de la biodiversité mais aussi pour des valeurs sociales et culturelles qu'elles véhiculent. Ainsi l'utilisation d'arbres de forêt GM est ressentie plus comme une question d'ordre politique et environnemental que d'ordre technique ou commercial.

Si l'on examine globalement l'application des biotechnologies forestières dans les pays en voie de développement dans le passé, l'analyse montre que leur utilisation s'est révélée avantageuse seulement aux stades très avancés des programmes d'amélioration et sélection. Pour la plupart des espèces forestières et des systèmes de gestion, les progrès enregistrés dans les pays en voie de développement ont jusqu'à présent été faits sans aucune incorporation de biotechnologies. Il existe aussi de très bons exemples des programmes avancés de sélection forestière utilisant des outils de biotechnologie dans les pays en voie de développement, mais ils concernent seulement une petite partie du secteur forestier (bien que leur part relative à la production de bois de construction soit plus élevée). Cet échec est principalement dû à une mauvaise évaluation des dépenses réelles et des bénéfices liés à l'utilisation des outils biotechnologiques dans des conditions données (le niveau d'amélioration et l'intensité de gestion), souvent d'après une approche conduite par l'offre. En conséquence, les espérances n'ont pas été concrétisées et les dépenses injustifiées ont

été élevées. C'est un risque commun aux premiers stades du développement de nouvelles technologies. Il y a toujours fort à faire pour mettre à niveau les compétences des chercheurs en assurant qu'ils reçoivent l'enseignement et/ou le niveau de formation approprié et supérieur pour projeter, développer et exécuter des programmes d'amélioration forestière pertinents. Il faut aussi accorder au niveau national des ressources financières suffisantes pour assurer que de tels programmes réussissent, avec comme objectif final de produire du matériel reproducteur amélioré. L'intégration efficace des biotechnologies dans des programmes plus vastes - incluant des programmes basés sur des technologies conventionnelles comme l'amélioration forestière et la sélection récurrente - est un trait commun aux études de cas d'application réussie.

Regarder devant soi - Préparer l'avenir

Si elles sont utilisées dans un cadre approprié, les biotechnologies forestières peuvent contribuer à améliorer la productivité et réduire la vulnérabilité des écosystèmes forestiers aux maladies, à la dégradation et la pression humaine. Si l'on regarde en avant, les biotechnologies peuvent être utiles pour aborder certains problèmes clés.

Les forêts, particulièrement les forêts tropicales, jouent un rôle central quant au problème important du changement climatique, dont on perçoit qu'il influera les nouveaux axes de recherche en biotechnologie forestière. Comment faciliter l'adaptation de la forêt au changement climatique est le cœur du problème. Cette adaptation est la base de toutes autres solutions de politique en matière de forêt visant à ralentir le changement climatique. En ce qui concerne les stress biotiques et abiotiques attendus dans les scénarios de changement climatique, le développement d'outils biotechnologiques pour favoriser la résistance aux parasites, la tolérance aux climats extrêmes, la bioremediation et la séquestration du carbone sera plus pertinent dans le proche avenir pour les essences forestières tant de forêt à régénération naturelle que de forêt plantée.

Un autre problème clé est la gestion des ressources génétiques forestières (RGF). La diversité génétique fournit la base fondamentale pour l'évolution des espèces forestières qui a permis aux forêts et aux arbres de s'adapter au changement de conditions pendant des milliers d'années. Les feux, le déboisement, de nouveaux parasites et maladies et d'autres facteurs menacent de plus en plus les RGF. La grande majorité des RGF reste inconnue et sous utilisée, bien que l'utilisation durable de la diversité génétique forestière puisse contribuer beaucoup au traitement des nouveaux défis et au maintien des valeurs économiques, sociales et culturelles aussi bien que des services et des bénéfices environnementaux. Les utilisations émergentes des RGF doivent être évaluées pour aller vers l'utilisation durable de ces ressources. Les progrès biotechnologiques permettent l'amélioration rapide de l'utilisation des ressources génétiques et des possibilités économiques et sociales découlant des RGF supérieures. Ils fourniront aussi des outils améliorés pour augmenter l'efficacité des mesures de conservation et de développement (la connaissance des caractères d'histoire de vie et de la diversité génétique manque ou est inappropriée pour la plupart des espèces forestières pour définir et mettre en œuvre des stratégies de conservation).

D'après l'inventaire sur lequel s'est articulé ce document, plusieurs options spécifiques peuvent être identifiées pour les pays en voie de développement pour les aider à prendre des décisions informées quant à l'adoption des biotechnologies dans le secteur de la foresterie dans l'avenir. En premier lieu, il faut intégrer les biotechnologies aux technologies conventionnelles. Deuxièmement, le partenariat public-privé est une option importante que les pays en voie de développement doivent examiner et qui doit être promu au niveau national. En troisième lieu, il faut améliorer l'information et les stratégies de communication autour des biotechnologies. L'accès public à une information de qualité et actualisée sur les biotechnologies forestières est très important pour les pays en voie de développement. Une information solide et des mécanismes d'éducation devraient être mis en place pour permettre la communication entre les secteurs de la société concernés. Les

questions relatives à l'adoption significative des biotechnologies, y compris leurs implications socio-économiques, l'efficacité, les coûts et les bénéfices et les implications environnementales, entre autres, devraient être abordées.

La communauté internationale peut jouer un rôle clef dans le soutien aux pays en voie de développement en fournissant un cadre pour la coopération internationale et en finançant l'appui pour la génération, l'adaptation et l'adoption des biotechnologies appropriées.

1. La communauté internationale peut améliorer l'accès à l'information scientifique révisée par des pairs sur les biotechnologies forestières dans les pays en voie de développement. Même avec l'accès à Internet, les revues à comité de lecture et les livres restent les sources principales d'information pour les scientifiques.

2. La communauté internationale peut aider à la création de capacités pour comprendre des questions de biotechnologie forestière à tous les niveaux. La plupart des décideurs, des scientifiques et même des étudiants voient les biotechnologies forestières comme une forme d'agriculture. Comme il a été dit plus haut, ce n'est pas le cas. La biotechnologie forestière exige la création de capacités qui lui sont propres et non copiées sur la biotechnologie pour les végétaux et les animaux. Les initiatives de la communauté internationale de création de capacités dans les biotechnologies forestières devraient être renforcées, en prenant en compte ce point important.

3. La communauté internationale peut continuer à passer en revue le statut et le potentiel des biotechnologies forestières pour les pays en voie de développement. Le secteur de la sylviculture dans les pays en voie de développement est dans une situation très dynamique et fait face à plusieurs défis importants et opportunités dans lesquelles les biotechnologies peuvent jouer un rôle significatif. Les enquêtes mondiales sont importantes et la communauté internationale devrait poursuivre l'examen périodique quant au statut et au potentiel des biotechnologies forestières dans les pays en voie de développement.

4. La communauté internationale devrait encourager la collaboration Nord-Sud. L'application des biotechnologies forestières a progressé plus rapidement que prévu dans les pays développés. Comme l'essentiel de la recherche entreprise là-bas intéresse des processus et/ou des espèces ligneuses appropriées aux pays en voie de développement, ces avancées sont donc aussi de fort intérêt pour les pays en voie de développement. La communauté internationale devrait faire en sorte que les résultats de recherche et l'application des biotechnologies forestières dans les pays développés soient rendus accessibles aux pays en voie de développement.