

## **Les arbres forestiers génétiquement modifiés offrent-ils un avantage à l'environnement ?**

Jacques Hallard <sup>1</sup>

Le public est relativement bien averti des plantes transgéniques annuelles (soja, maïs, coton, colza, et maintenant riz), implantées comme grandes cultures dans les champs, soit à usages alimentaires, pour les êtres humains ou pour les animaux, soit pour des utilisations industrielles, ou encore pour produire des molécules à usage pharmaceutique. Par contre, les végétaux ligneux transgéniques, fruitiers ou forestiers, sont moins bien connus auprès des populations. Pourtant les travaux de modifications génétiques sont aussi anciens (cela remonte également aux années 1980-1990) en particulier en vue de produire des arbres, principalement forestiers, avec l'objectif annoncé d'apporter des solutions plus favorables à notre environnement : par exemple des arbres transgéniques limitant les pollutions à la sortie des usines de pâte à papier ou bien dans le but de les utiliser comme moyen d'épurer, par phytoremédiation, des sites pollués par les métaux lourds, et notamment par le mercure.

Il a été souvent avancé que les arbres forestiers génétiquement modifiés constituent un avantage pour notre environnement. Cela nous amène à considérer l'importance des forêts qui est très grande pour notre environnement : la protection des bassins versants contribue à fournir une eau de bonne qualité ; elles participent au maintien d'une flore et d'une faune de grande diversité biologique ; elles jouent un rôle majeur pour le climat car les massifs boisés participent à la régulation de la teneur en gaz carbonique dans l'atmosphère ; enfin les forêts constituent des espaces récréatifs où la beauté des lieux et une certaine harmonie des paysages doivent être préservées pour les générations futures.

---

<sup>1</sup> Ingénieur, consultant indépendant . jacques.hallard@wanadoo.fr

## **Une grande variété des massifs forestiers sous les différents climats dans le monde**

Les forêts occupent près de 4 milliards d'hectares, soit 30 % de la superficie émergée de la planète, et les deux tiers sont concentrées dans seulement dix pays : Australie, Brésil, Canada, Chine, États-Unis, Inde, Indonésie, Russie, Pérou et Congo.

Le Sommet mondial pour le développement durable, qui s'était tenu à Johannesburg en août et septembre 2002, avait admis que les forêts contribuaient largement à la bonne santé globale de la planète et de ses habitants. D'après la synthèse d'une étude de la FAO en 2003 sur la gestion, la conservation et la valorisation durable des forêts<sup>2</sup> les arbres revêtent une importance primordiale dans les pays à faible couvert forestier, que ce soit en zone urbaine ou en milieu rural. Entre autres fonctions, ils aident à combattre la désertification, à satisfaire les besoins fondamentaux et à protéger la diversité biologique, les cultures, les habitats humains et les bassins versants. Il avait été observé, lors de l'Année internationale de la montagne en 2002, que 28% des forêts denses du monde sont des forêts d'altitude, et leur importance pour la mise en valeur durable des montagnes a été mise en évidence. L'examen des forêts du bassin méditerranéen montre qu'il faut prendre des mesures d'urgence pour diminuer les risques d'incendie et pour enrayer la déforestation et la dégradation des forêts. Dans les forêts tropicales, la chasse non durable d'animaux sauvages pour la viande et d'autres produits continue de susciter des inquiétudes : la faune sauvage, en particulier en Afrique, est en net recul, ce qui menace gravement la sécurité alimentaire des populations, mais aussi les massifs forestiers et leur intégrité écologique.

Une carte des forêts du globe<sup>3</sup> et un tableau des grandes forêts du monde<sup>4</sup> font bien ressortir la diversité des types de forêts rencontrés selon les latitudes et les climats.

Le site brosse. La forêt boréale, ou taïga, est la plus vaste forêt avec un tiers des superficies mondiales. Elle se localise dans l'hémisphère Nord ; elle contribue à la production du bois et les essences principales sont les conifères : épicéas, sapins, pins et mélèzes. La deuxième grande forêt mondiale est la forêt dense, appelée aussi équatoriale ou humide et elle est principalement située dans les immenses bassins fluviaux de l'Amazonie et du Congo, ainsi que dans les îles et les presqu'îles de l'océan Indien et de l'océan Pacifique (Inde, Madagascar, Indonésie, Australie, Nouvelle-Guinée, etc.). Elle est d'une extraordinaire richesse, avec plus de 50.000 espèces d'arbres identifiées. Les forêts tempérées, surtout constituées d'espèces à feuillage caduc, forment dans l'hémisphère Nord quatre blocs distincts sur les façades orientale et occidentale des continents nord-américain et eurasiatique, dont les forêts de conifères géants du littoral pacifique de l'Amérique du Nord, pluvieux,

---

<sup>2</sup> [www.fao.org/docrep/x5339f/x5339f05.htm](http://www.fao.org/docrep/x5339f/x5339f05.htm)

<sup>3</sup> [www.europarl.eu.int/workingpapers/agri/cahier\\_fr.htm](http://www.europarl.eu.int/workingpapers/agri/cahier_fr.htm)

<sup>4</sup> [fr.encyarta.msn.com/encyclopedia\\_761570770/forêt.html](http://fr.encyarta.msn.com/encyclopedia_761570770/forêt.html)

humide, brumeux et neigeux, qui s'étendent de l'Alaska à la Californie le long des chaînes côtières des Montagnes Rocheuses, elle est apparentée à la forêt boréale par l'omniprésence de conifères mais elle rappelle aussi la forêt tropicale par son gigantisme et son énorme biomasse. Les forêts de climat méditerranéen, aux marges des déserts, en Europe du Sud et au Maghreb, en Californie, au Chili, en Afrique du Sud et en Australie, sont caractérisées par leur adaptation à la sécheresse de l'été et elles sont bien souvent assez dégradées, en particulier à causes d'incendies répétés.

Une étude plus fine montre la grande variété des forêts dans la zone intertropicale où elles occupent 36% des surfaces émergées, soit un peu plus de 1.734 millions d'hectares en tenant compte de l'Australie, soit une surface équivalente à celle de l'Amérique du Sud. Les experts du CIRAD <sup>5</sup> distinguent cinq types de forêts : les forêts denses humides, les forêts sèches, les formations arborées de savane, la mangrove de certaines zones côtières formées de vases salées et les forêts d'altitude. Les fonctions environnementales de ces massifs y sont décrites (diversité biologique, effet de serre, cycle de l'eau et usage des sols) de même que les fonctions économiques et sociales (bois-énergie, bois d'œuvre, produits non ligneux comme les fruits, gommés, résines, écorces, essences, fibres, substances médicinales, colorants et gibier). La place que tiennent les forêts dans le patrimoine culturel des civilisations tropicales y est également mentionnée.

L'exemple de l'étude phyto-géographique de Sumatra, développée par l'IRD <sup>6</sup>, fait ressortir la complexité de l'occupation des territoires dans cette zone tropicale avec une très grande variété d'occupation du terrain et des espèces : forêts exondées, forêts de zones de marécages et de mangroves, agriculture itinérante sans cultures pérennes et à formations herbacées, mosaïque de rizières avec cultures vivrières (cultures itinérantes) et végétation secondaire, plantations paysannes d'hévéas, vergers villageois et mélanges de vergers avec des habitations et des rizières, rizières permanentes, cocoteraies en mélange avec des rizières et des habitations, plantations industrielles d'hévéas.

Les forêts, et particulièrement les forêts humides tropicales, sont avant tout essentielles pour le cycle de l'eau qui apporte la pluie aux cultures agricoles et pour réguler la température de la planète Terre, ce qui évite ainsi des conditions trop chaudes ou trop froides. Les forêts absorbent l'anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>) et produisent de l'oxygène; elles sont à cet égard les 'poumons de la Terre vivante', comme le rappelle Joe Cummins <sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> [kourou.cirad.fr/etfrn/html/les\\_forets\\_tropicales.html](http://kourou.cirad.fr/etfrn/html/les_forets_tropicales.html)

<sup>6</sup> [www.mpl.ird.fr/valpedo/miruram/indonesie/geo/sumatra/le\\_milieu/veget.htm](http://www.mpl.ird.fr/valpedo/miruram/indonesie/geo/sumatra/le_milieu/veget.htm)

<sup>7</sup> "Rainforests - Pourquoi Gaïa a besoin des forêts humides", Science in Society N°23, Autumn/Winter 2003

<sup>7</sup> [french.epochtimes.com/news/5-11-23/3017.html](http://french.epochtimes.com/news/5-11-23/3017.html)

## **Bien qu'en léger ralentissement, la déforestation se poursuit à un rythme alarmant**

Selon les statistiques publiées par la FAO en novembre 2005, la déforestation fait disparaître chaque année autour de 7,3 millions d'hectares de forêts dans le monde. Ce chiffre est en recul par rapport aux 8,9 millions ha/an estimés entre 1990 et 2000, correspondant à une perte nette annuelle de 0,18 pour cent des forêts du monde. Toutefois, le taux de pertes nettes de forêts se ralentit grâce à de nouvelles plantations et à l'expansion naturelle des forêts existantes<sup>8</sup>. L'Amérique du Sud a connu la plus grande perte nette de forêts entre 2000 et 2005 – environ 4,3 millions d'hectares par an, soit l'équivalent de la superficie des Pays-Bas, - suivie de l'Afrique, qui a vu disparaître 4 millions d'hectares chaque année, soit presque la surface de la Suisse. Mais les forêts d'Europe ont continué à s'étendre, bien qu'à un rythme plus lent que dans les années 1990. Les forêts primaires - c'est-à-dire les forêts sans signes visibles d'activités humaines passées ou présentes - représentent 36% de la superficie forestière totale, mais elles disparaissent ou elles sont modifiées au rythme de 6 millions d'hectares chaque année à cause de la déforestation ou de la coupe sélective. Ces statistiques ressortent des conclusions de l'*Evaluation des ressources forestières mondiales 2005* - la plus complète réalisée à ce jour - portant également sur leurs utilisations et leur valeur dans 229 pays et territoires, entre 1990 et 2005<sup>9</sup>.

Le déclin mondial des forêts a fait l'objet d'une étude de Janet Larsen, publiée en mai 2003 et traduite en français par Jacques Bougie<sup>10</sup>. Il est rappelé « qu'une étape essentielle pour freiner la destruction des forêts vierges du monde, consiste à trouver une source d'énergie alternative pour les pays pauvres, de façon à ne pas brûler un bois précieux. Les progrès en matière de réutilisation et de recyclage permettent aux bois récupérés et au papier rebut de satisfaire la demande en produits forestiers. Une consommation réduite de produits forestiers provenant de forêts vierges, apparaît comme la clé pour sauver les forêts du monde. Les gouvernements peuvent s'assurer que toute la production locale et l'importation de produits forestiers proviennent de forêts gérées selon des standards environnementaux et sociaux rigoureux, comme ceux du *Forest Stewardship Council*. À l'échelle mondiale, les organismes accrédités ont certifié 24 millions d'hectares dans 45 pays, anticipant que ces chiffres vont s'accroître au fur et à mesure que la demande pour le bois certifié augmentera et que les vendeurs non certifiés auront des difficultés pour soutenir la concurrence ».

Il est estimé que la disparition des forêts génère chaque année 2 milliards de tonnes de carbone. Faisant remarquer que la déforestation représente 25% de toutes les émissions d'anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>), un gaz à effet de serre qui est dû aux activités humaines, la FAO a fourni des données et

---

<sup>9</sup> [www.fao.org/newsroom/fr/news/2005/1000127/](http://www.fao.org/newsroom/fr/news/2005/1000127/)

<sup>10</sup> [www.vertigo.uqam.ca/vol4no1/art18vol4n1/janet\\_larsen.html](http://www.vertigo.uqam.ca/vol4no1/art18vol4n1/janet_larsen.html)

conseils techniques aux pays participant à la Conférence des Nations Unies sur le changement climatique qui s'est tenue à Montréal fin 2005, afin d'étudier des moyens de créer des attraits financiers pour réduire les pertes de forêts dans le monde en développement. <sup>11</sup>

## **La libéralisation du commerce international contribue à la destruction des forêts primaires**

Une étude de Greenpeace montre qu'une libéralisation accrue du commerce du bois au niveau mondial risque d'amplifier la destruction des forêts primaires et d'augmenter l'abattage illégal et non soutenable ou non durable des arbres, en particulier dans les pays les plus pauvres et dans les pays émergents où la gouvernance est faible. L'étude recommande une approche précautionneuse et suggère à l'Union Européenne un certain nombre d'options, notamment des mécanismes de réglementation du commerce, pour atténuer les effets négatifs de cette libéralisation dans le cadre de l'Organisation Mondiale du Commerce<sup>12</sup>.

Le pillage des forêts en Birmanie et le trafic chinois de bois précieux a été dénoncé en octobre 2005, dans un nouveau rapport, présenté à Bangkok par l'ONG anglaise *Global Witness* et intitulé « *Un choix pour la Chine : en finir avec le pillage des forêts du nord de la Birmanie* ». En 2004, selon Sylvain Angerand<sup>13</sup>, plus d'un million de mètres cube de bois, soit environ 95% du total des exportations de bois depuis la Birmanie, ont ainsi été illégalement exportées depuis le nord du pays vers la province chinoise du Yunnan.

La déforestation de l'Amazonie brésilienne est sous-estimée de 50% selon de nouvelles données satellitaires <sup>14</sup> ayant pris en compte les coupes sélectives illégales d'arbres comme les acajous. Au total, ce sont 632.000 km<sup>2</sup>, (plus que le territoire français métropolitain de 547.030 km<sup>2</sup>), soit encore 17% de la forêt amazonienne du Brésil, qui ont été rasés. Quelque 70% de la forêt amazonienne, la plus grande forêt au monde, se trouvent sur le territoire brésilien. La perte annuelle de surface forestière au Brésil est équivalente à un peu moins de 5% du territoire français. Ces abattages sont sources d'impacts négatifs : perte de biodiversité, érosion du sol, incendies, rejets supplémentaires de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

---

<sup>11</sup> [www.notre-planete.info/actualites/actu\\_792.php](http://www.notre-planete.info/actualites/actu_792.php)

<sup>12</sup> [www.notre-planete.info/actualites/actu\\_786.php](http://www.notre-planete.info/actualites/actu_786.php)

<sup>13</sup> [www.hns-info.net/article.php3?id\\_article=7106](http://www.hns-info.net/article.php3?id_article=7106)

<sup>14</sup> AFP 21-11-2005

## Les arbres génétiquement modifiés ou transgéniques gagnent du terrain en foresterie

Selon un nouveau rapport de la FAO en date du 21 juillet 2005<sup>15</sup>, les recherches et les applications biotechnologiques en foresterie avancent à grands pas, notamment dans les pays développés comme les Etats-Unis, la France et le Canada, mais également les pays en développement et en transition comme l'Inde, la Chine, l'Indonésie, le Chili, le Brésil et l'Afrique du Sud. Sur un total d'au moins 225 champs d'essais répertoriés. Au moins 140 espèces d'arbres sont concernées par ces travaux et les six espèces suivantes représentent environ 60% des activités : acacia, chêne, eucalyptus (7%), peuplier (47%), pin et sapin (19%)<sup>16</sup>.

Toujours selon la FAO, les arbres génétiquement modifiés représentent à peine 20% des 27.000 activités biotechnologiques qui ont été recensées au cours des 10 dernières années à travers le monde. Au moins 35 pays effectueraient des travaux sur les arbres transgéniques, soit au niveau des laboratoires, soit avec des expérimentations dans les champs. Beaucoup d'activités sont conduites aux États-Unis, ainsi qu'au Canada et sont essentiellement limitées essentiellement aux espèces suivantes : copalme d'Amérique (*Liquidambar sp.*), eucalyptus, peuplier et pin. Seule la Chine a signalé une dissémination commerciale d'arbres transgéniques: quelque 1,4 million de plants sur une superficie autour de 300-500 hectares en 2002.

Les perspectives envisagées sont une production de bois accrue et l'amélioration de la qualité ainsi que la résistance à des insectes, maladies et herbicides. Parmi les avantages énoncés, il est indiqué une réduction des coûts de production et de transformation du bois ou des copeaux, ainsi que des coûts financiers et environnementaux lors de la fabrication de la pâte à papier.

Cependant, avertit la FAO, la dissémination des arbres transgéniques dans l'environnement n'est pas sans risques : l'instabilité des transgènes, l'échec des plantations, la mauvaise qualité du bois, le développement d'une résistance aux caractères modifiés par les insectes ou par les organismes pathogènes, ainsi que la fuite des transgènes ou gènes modifiés dans les écosystèmes naturels, sont autant de facteurs de risque. Selon Monsieur Sigaud, "On ne peut pas encore parvenir à des conclusions sur les impacts potentiels des forêts génétiquement modifiées en raison du manque d'informations fiables ; du fait qu'environ 95% des forêts du monde sont naturelles ou semi naturelles, la plantation d'arbres génétiquement modifiés a de fortes chances de demeurer relativement limitée".

---

<sup>15</sup> [www.futura-sciences.com/news-foresterie-arbres-ogm-gagnent-terrain\\_6739.php](http://www.futura-sciences.com/news-foresterie-arbres-ogm-gagnent-terrain_6739.php)

<sup>16</sup> [www.globaljusticeecology.org/](http://www.globaljusticeecology.org/)

## Quelques exemples d'applications en Europe : France, Finlande, Allemagne

En France, pour l'année 2005 et selon les informations officielles, deux dossiers traitaient des peupliers transgéniques expérimentés<sup>17</sup> à l'INRA. Une parcelle pour l'étude de la modification quantitative et qualitative de la lignine qui a une influence sur les caractères papetiers et la qualité du bois, de 1995 à 2005, avec une prolongation de 4 ans. Une autre parcelle avec le même objectif se déroule selon un programme d'expérimentation pluriannuel de 9 ans (1999 à 2007). Par ailleurs, a été placée en culture en 2005 une expérimentation de plants de vigne transgéniques développés pour induire une résistance au Grapevine fanleaf virus, agent principal de la maladie du court-noué chez la vigne<sup>18</sup>. En outre, une expérimentation<sup>19</sup> est élaborée par le CIRAD CP qui est responsable de l'essai de caféiers transgéniques de l'espèce *Coffea* à Sinnamary en Guyane.

La forêt française couvre plus de 25% du territoire avec environ 25 millions d'hectares. Les recherches sur les arbres concernent principalement la transgénèse des peupliers parmi les feuillus, pour une résistance à la chrysomèle *Chrysomela tremulae*, un coléoptère ravageur foliaire avec les protéines Bt. Un mélèze hybride *Larix kaemféri* x *L. decidua*, parmi les conifères, fait également l'objet de recherches. Un autre objectif est la réduction du taux de lignine dans le bois, en tenant compte de la complexité de la régulation du métabolisme de ce constituant, en travaillant sur une enzyme, la deshydrogénase de l'alcool cinnamylique. Une attention particulière avait été portée à la stabilité de l'expression des gènes introduits, à l'impact de l'expression des gènes Bt sur l'apparition de résistances chez les insectes par contournement et, d'une façon générale, les impacts de ce matériel Bt sur la pression exercée sur les insectes, ciblés ou non. Afin d'éviter la dissémination des transgènes dans les populations naturelles, des recherches font intervenir un gène « tueur » qui bloque la formation des chatons floraux, afin de ne développer dans la nature que des arbres transgéniques stériles<sup>20</sup>.

En Finlande, l'industrie forestière et les biotechnologues tiennent beaucoup aux recherches sur les arbres transgéniques, dans l'espoir que les modifications génétiques vont permettre de réduire les coûts de production du papier et d'améliorer les produits grâce à la culture d'arbres aux caractéristiques optimales. L'unique site d'expérimentation comportait 400 bouleaux transgéniques qui ont été abattus ou déracinés en 2004, sans doute par des opposants aux OGM. La recherche en question visait à

---

<sup>17</sup> [www.ogm.gouv.fr/experimentations/essais\\_implantes/essais\\_implantes\\_fip2004.htm](http://www.ogm.gouv.fr/experimentations/essais_implantes/essais_implantes_fip2004.htm)

<sup>18</sup> [www.monde-solidaire.org/spip/article.php3?id\\_article=2312](http://www.monde-solidaire.org/spip/article.php3?id_article=2312)

<sup>19</sup> [www.ogm.gouv.fr/experimentations/essais\\_implantes/essais\\_implantes\\_fip2004.htm](http://www.ogm.gouv.fr/experimentations/essais_implantes/essais_implantes_fip2004.htm)

<sup>20</sup> [www.inra.fr/Internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/OGM/cornu.htm](http://www.inra.fr/Internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/OGM/cornu.htm)

trouver des méthodes aptes à maintenir un transgène en fonctionnement afin de lancer la production d'arbres transgéniques clonés et stériles<sup>21</sup>.

En Allemagne, une expérimentation est conduite sur un site industriel contaminé par des métaux lourds, avec des peupliers transgéniques qui produisent des quantités plus importantes de glutathion, une substance qui a la propriété de contaminer les sols. Les essais préliminaires en serres, avaient permis de constater que ces arbres avaient absorbé plus de 15% de cadmium à partir d'un sol contaminé. Les essais<sup>22</sup> conduits dans la nature doivent vérifier la croissance des arbres, la stabilité du transgène et l'absorption des métaux lourds.

### **Etats-Unis et Canada, en pointe pour les travaux et cultures sur les arbres transgéniques**

Aucun arbre transgénique n'est encore commercialisé au Canada ou aux États-Unis, mais de nombreuses recherches pour modifier génétiquement des arbres sont en cours. Il est envisagé de développer des arbres qui croissent rapidement, qui tolèrent certains herbicides, qui résistent à des insectes, dont la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Picea alba*), qui s'accommodent de la sécheresse, des inondations ou du froid et qui présentent une faible teneur en lignine, afin de répondre à certains besoins des industries forestière et papetière.

Parmi les risques potentiels associés aux arbres transgéniques, l'administration canadienne souligne que, de par leur nature, les arbres produisent pendant plusieurs années beaucoup de pollen et de semences qui peuvent se disséminer dans la nature et y persister. Leur introduction dans l'environnement suscite les mêmes préoccupations que pour les espèces annuelles de grandes cultures: le transfert du transgène à des arbres voisins par pollinisation, provoquant ainsi le phénomène de dispersion de gènes ou flux de gènes; l'envahissement du milieu naturel par des arbres transgéniques qui pourraient se comporter comme des espèces nuisibles; enfin l'émergence de populations d'insectes résistants. Compte tenu de la longévité des arbres sur plusieurs décennies, la quantité de transgène incorporée dans les différents tissus et organes des sujets génétiquement modifiés est difficile à déterminer, notamment en raison notamment des interactions possibles avec les autres gènes<sup>23</sup>.

Au Canada, une expérimentation de 2.000 épinettes blanches ou sapinettes (*Picea alba*), est conduite au Centre Forestier des Laurentides (CFL), dans la banlieue de la ville Québec, où l'on a réussi à insérer dans cette espèce, mais aussi dans le mélèze (*Larix sp.*) et le peuplier (*Populus sp.*), un gène Bt de la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis*, qui produit une protéine toxique pour la tordeuse des

---

<sup>21</sup> [artgraine.free.fr/SEVERINE/OGM2.htm](http://artgraine.free.fr/SEVERINE/OGM2.htm)

<sup>22</sup> [www.internutrition.ch/in-news/point/mar04\\_f.html](http://www.internutrition.ch/in-news/point/mar04_f.html)

<sup>23</sup> [www.ogm.gouv.qc.ca/infopot\\_vege\\_fore.html](http://www.ogm.gouv.qc.ca/infopot_vege_fore.html)

bourgeons de l'épinette. L'idée d'utiliser des arbres résistants aux insectes est attrayante : lors de la dernière épidémie de tordeuse au Québec, les chenilles avaient ravagé 238 millions de mètres cubes de résineux, l'équivalent de 10 années de coupes forestières. De plus, l'épandage aérien d'insecticides biologiques est très coûteux et ne donne pas toujours les résultats escomptés.

Peupliers, sapinette blanche (*Picea alba*) et épicéa noir (*Picea nigra*) sont cultivés dans la nature pour des expérimentations. Selon Joe Cummins<sup>24</sup>, plus d'un million de plantules de ces sapinettes (*Picea alba*) transgéniques auraient été distribuées à travers tout le Canada en 2000 à des fins expérimentales. Grâce à une collaboration entre une équipe locale et l'Institut national de la recherche agronomique de France (INRA), les chercheurs du Québec ont bénéficié de l'expertise de l'INRA alors que les scientifiques français ont eu accès aux gènes Bt isolés par l'équipe d'Armand Séguin qui a précisé que "Lorsqu'on introduit le gène Bt dans une cellule d'épinette, on ne sait jamais dans quelle région ni sur quel chromosome va s'insérer le transgène". Une part importante des arbres n'intègre tout simplement pas le gène alors que les autres expriment la toxine à des degrés divers. La sélection s'exerce ensuite sur le terrain. Il est à craindre que la durée de vie des arbres ne laisse tout le temps nécessaire aux insectes de développer une résistance à la toxine Bt. Une situation préoccupante pour l'industrie forestière, car, à ce jour, la pulvérisation d'insecticide fabriqué à partir de Bt est le seul véritable traitement biologique que possède cette industrie. Mais, là encore, l'INRA et le CFL travaillent sur une solution prometteuse : la « co-expression ». Il s'agit d'introduire en même temps que le gène de Bt, un autre gène qui commande cette fois la fabrication d'inhibiteurs de protéases, des protéines qui bloquent la digestion de l'insecte. L'arbre transgénique posséderait alors un double mécanisme pour lutter contre la tordeuse et le risque qu'un insecte développe simultanément une résistance aux deux protéines est beaucoup plus faible<sup>25</sup>.

Selon Francine Tremblay, des intégrations stables de gènes étrangers ont également été réussies chez le pin et le mélèze hybride. Elle signale que « de nombreux articles scientifiques rapportent l'expression transitoire de gènes et démontrent que cette expression varie en fonction du type de séquences régulatrices utilisées, de même qu'en fonction du type d'explants (embryons somatiques, protoplastes, pollen) et des différents stades physiologiques. Ces travaux ont permis d'accroître significativement l'efficacité des transformations et rendent le génie génétique extrêmement intéressant comme outil expérimental d'étude de la régulation et de l'expression des gènes chez les arbres ». Elle indique d'autre part que « la plupart des essences typiques de la forêt boréale sont des espèces pollinisées par le vent. Le pollen des arbres transgéniques peut parcourir des centaines de kilomètres et contaminer les peuplements naturels. Les gènes introduits se retrouveraient rapidement

---

<sup>24</sup> [www.i-sis.org.uk/GMTGL.php](http://www.i-sis.org.uk/GMTGL.php)

<sup>25</sup> [www.biofondations.gc.ca/francais/View.asp?x=743](http://www.biofondations.gc.ca/francais/View.asp?x=743) & [www.cybersciences.com/Cyber/1.0/1\\_647\\_653.asp](http://www.cybersciences.com/Cyber/1.0/1_647_653.asp)

disséminés à l'ensemble du territoire. Des recherches sont activement menées dans le but de caractériser les gènes impliqués dans le déclenchement de la floraison afin de régénérer des individus incapables de se reproduire. Des études récentes réalisées sur le Pin de Monterey (*Pinus radiata*) indiquent qu'il existe une similitude entre les angiospermes et les gymnospermes pour les gènes impliqués dans la floraison. Il serait possible d'appliquer les mêmes stratégies aux deux groupes »<sup>26</sup>.

Pour les Etats-Unis, Naomi Lubick a brossé un tableau des arbres transgéniques dans la revue *Scientific American* <sup>27</sup>. Tout d'abord les arbres forestiers. Jusque vers les années 1900, environ un quart des arbres feuillus des forêts de l'est des Etats Unis étaient constitué de châtaigniers d'Amérique (*Castanea dentata* Borkh.), jusqu'à ce qu'un champignon microscopique malencontreusement introduit, ne viennent pratiquement détruire les arbres des forêts depuis l'état du Maine jusqu'en Géorgie. L'agent responsable est un champignon *Cryphonectria* (antérieurement *Endothia*) *parasitica*<sup>28</sup>. Les repousses des arbres affectés atteignent à peine la moitié de leur taille normale et les jeunes plants arrivent rarement au stade de maturité pour produire des bogues. En quelques années, la résistance à ce champignon a pu être introduite dans le châtaignier avec des techniques de transgénèse, en travaillant à partir d'embryons immatures.

De jeunes plants d'ormes (*Ulmus sp.*) transgéniques ont été génétiquement modifiés dans le but d'introduire une résistance à une maladie de cette espèce, la graphiose, causée par un champignon *Ophiostoma ulmi*, autrefois appelé *Graphium ulmi*. Cette maladie est aussi apparue vers 1917 aux Pays-Bas et à partir des années 70 et elle a décimé les populations d'ormes en Belgique, en Grande-Bretagne et en France.

Des recherches et des essais de peupliers ont été effectués pour les caractères suivants : la phytoremédiation des métaux lourds à partir du gène de réductase de l'ion mercurique (thème que nous reprendrons plus loin en détail) ; la stérilité mâle et femelle à partir de la toxine diphtérique A de la bactérie *Corynebacterium diptheriae* et du gène de régulation homéotique foliaire du peulier ; une modification de la biosynthèse de la lignine (sujet que nous développerons également plus loin) à partir de trois composants géniques : le gène antisens de la ligase du Co-enzyme A:4-coumarate du peulier, le gène bactérien de la beta-glucuronidase et le gène de la phosphotransférèse de l'hygromycine venant toutes deux d'*Escherichia coli* ; la résistance à une galle du collet due à *Agrobacterium tumefascians* conférée par la monoxygénase de l'acide indole-3-acétique ou AIA de

---

<sup>26</sup> [www.sciencepresse.qc.ca/kiosqueforet/page4foret.html](http://www.sciencepresse.qc.ca/kiosqueforet/page4foret.html)

<sup>27</sup> [www.sciam.com/article.cfm?articleID=0000BA96-AE60-1CDA-B4A8809EC588EEDF](http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=0000BA96-AE60-1CDA-B4A8809EC588EEDF)

<sup>28</sup> [www.apsnet.org/online/feature/chestnut/](http://www.apsnet.org/online/feature/chestnut/)

cette même bactérie. Chez le pin, la transgénèse vise à introduire un caractère de marquage visuel avec le gène de la beta-glucuronidase de la bactérie *Escherichia coli*.

Par ailleurs, toujours aux Etats-Unis, la transgénèse a été réalisée chez des arbres fruitiers. Chez le pommier, les caractères introduits sont les suivants : une augmentation du taux des polyols, des substances utilisées comme édulcorants et additifs alimentaires, à partir du gène de la deshydrogénase du sorbitol provenant de cette espèce ; une résistance à la maladie du feu bactérien causée par la bactérie *Erwinia amylovora* en utilisant deux gènes, l'un fabriquant le lysozyme chez le poulet et l'autre commandant la synthèse de l'attacine A (substance antibactérienne) chez *Hyalophora cecropia* ; une modification de la période de floraison à partir du gène de régulation homéotique foliaire chez la petite crucifère *Arabidopsis thaliana* ; enfin le caractère de résistance à certains lépidoptères en utilisant le gène Cry1A provenant de la bactérie *Bacillus thuriensis* ou Bt.

Chez la papaye, c'est la résistance à un virus (*Papaya Ringspot Virus*) de cette espèce fruitière qui a été introduite à partir du gène qui fabrique la protéine de l'enveloppe protectrice de ce virus. Il s'avère que cette protéine est un allergène potentiel car elle est composée d'une séquence d'acides aminés identiques à ceux d'un allergène connu ; le Professeur canadien Joe Cummins avait alerté les autorités état-uniennes de ce risque dès le début de l'année 2005<sup>29</sup>.

De son côté, une équipe de chercheurs de l'état du Michigan aux Etats-Unis a obtenu des plantules de peuplier faux-tremble transgéniques (*Populus tremuloïdes*). Ces arbres sont capables de produire 40 % de moins de lignine et 15 % de plus de cellulose. Ils ont été expérimentés en plein champ. Ainsi, pour un même volume de bois traité en usine, cette source de fibre permet de produire plus de pâte à papier réduisant les coûts de transformation. Un effet connexe et intéressant réside dans le fait que ces arbres transgéniques croissent plus vite que les arbres normaux. Cependant, les auteurs<sup>30</sup> reconnaissent qu'ils ne savent pas comment des sujets avec un contenu en lignine réduite de moitié vont se comporter vis-à-vis des vents violents.

C'est un total de 124 champs d'expérimentations qui, aux Etats-Unis, seraient consacrés, selon un rapport<sup>31</sup> de Joe Cummins, aux espèces déjà citées, plus quelques autres parmi les espèces fruitières : *Citrus sp.*, poirier, pommier, prunier et plaqueminier ou kaki.

Dans un rapport "*Quel profil pour les forêts de demain ?*"<sup>32</sup>, traduit par « Terre Sacrée », Karen Charman rappelle « qu'il est impossible de prévoir l'impact qu'auront les arbres transgéniques sur les forêts sauvages. Des chercheurs ne voient qu'un risque très limité de perturbation écologique (si tant

---

<sup>29</sup> [www.i-sis.org.uk/PapayaAllergy.php](http://www.i-sis.org.uk/PapayaAllergy.php) et revue *Science in Society No 25 Spring 2005*.

<sup>30</sup> [www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=12668766&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=12668766&dopt=Abstract)

<sup>31</sup> [www.i-sis.org.uk/GMTGL.php](http://www.i-sis.org.uk/GMTGL.php)

<sup>32</sup> [http://www.delaplanete.org/article.php3?id\\_article=202](http://www.delaplanete.org/article.php3?id_article=202)

est qu'il y ait un risque) avec leur châtaignier génétiquement modifié, puisqu'il ne comportera que trois ou quatre gènes étrangers. Les scientifiques affirment que davantage d'inconnues existent avec le châtaignier d'Amérique produit conventionnellement et rétrocroisé, lequel tire un seizième de ses gènes de son parent le châtaignier de Chine qui est naturellement résistant à la brûlure. D'autres, cependant, ne sont pas convaincus de ce que la sécurité écologique soit uniquement fonction du nombre de gènes étrangers que contient un organisme transgénique, en particulier lorsque les organismes génétiquement modifiés peuvent éventuellement comporter des gènes qui n'ont pas évolué ensemble et n'ont jamais existé dans la nature. Faith Thompson Campbell, qui travaille pour *Nature Conservancy*, résume les idées de nombreux sceptiques dans son rapport publié en 2000 et intitulé *Genetically Engineered Trees : Questions Without Answers*. Dans ce rapport, elle prévient que les arbres génétiquement modifiés plantés à proximité d'importantes populations d'arbres sauvages parents répandront inévitablement leurs gènes et modifieront les génomes (le complément entier du matériel génétique d'un organisme) des arbres sauvages, y compris ceux qui se trouvent dans les parcs nationaux, les réserves intégrales et autres réserves. Dans la mesure où les gènes introduits n'ont pas évolué avec ceux des arbres champêtres, ils pourraient avoir des effets imprévus et se révéler instables pendant toute la durée de vie d'un arbre. En outre, les arbres qui ont été modifiés afin d'obtenir les caractères désirés tels que la résistance à la sécheresse ou à la vermine pourraient surpasser la végétation naturelle et se propager comme de la mauvaise herbe dans les forêts sauvages. En conséquence, soutient Thompson Campbell, la modification des codes génétiques de certains arbres pourrait avoir des effets considérables sur le fonctionnement écologique d'une forêt entière. Par ailleurs, de profondes lacunes dans la connaissance scientifique des écosystèmes des forêts empêchent de prévoir avec précision, ou même de reconnaître, les effets à grande échelle des arbres transgéniques. Deux des principaux partisans des arbres génétiquement modifiés l'ont réaffirmé lors d'une conférence sur les arbres issus de la biotechnologie tenue en Caroline du Nord en novembre 2004. Après avoir décrit l'effort monumental déployé en vue de séquencer les gènes du peuplier, Jerry Tuskan, scientifique chevronné du Oak Ridge National Laboratory, Département de l'Energie, a déclaré : « Ainsi, si je considère maintenant l'ensemble des données sur le génome du peuplier, je me rends compte que nous ne savons rien sur le mode de croissance des arbres. » Plus tard, participant à une réunion portant sur les lacunes actuelles de la connaissance, Ron Sederoff - codirecteur du *Forest Biotechnology Group* à l'Université publique de Caroline du Nord et un des plus fervents défenseurs des arbres génétiquement modifiés - admet que « nous ignorons quelques détails importants (...). Nous ne savons pas ce qu'est réellement un génome (...). Nous ne savons pas combien il existe de gènes, parce que nous ne savons pas ce qu'est réellement un gène. Nous ne connaissons pas l'étendue de ce que j'appelle l'épigénomique - les changements non génétiques qui interviennent dans les génomes instables ».

## Des pays émergents ou pauvres également investis par les arbres transgéniques

Au Brésil, ce sont des eucalyptus transgéniques qui ont fait l'objet de vastes plantations, amenant l'éviction de populations locales sur ces territoires. Dans l'état du Minas Gerais, ce sont les forêts natives appelées « cerrado » qui ont été arrachées promptement et remplacées par des monocultures forestières. Le programme officiel *Genolyptus* inclut 13 partenaires privés (dont *International Paper*, un partenaire de *ArboGen*, la plus grande société mondiale engagée dans les arbres transgéniques, et *Westvaco*, une société états-unienne qui a acheté environ 400.000 hectares aux Etats-Unis et au Brésil pour y implanter des arbres transgéniques, rapporte Joe Cummins <sup>33</sup>

Le mythe de la propagande industrielle fonctionne bien au Brésil : au lieu de produire davantage de bois sur moins de terres, les industriels produisent plus de bois sur plus de terres. Chaque année, les surfaces de plantations s'accroissent et les forêts décroissent, d'après une étude publiée dans le bulletin N°88, novembre 2004, de l'organisation *World Rainforest Movement*. La société brésilienne *Aracruz Cellulose*, qui est le plus grand producteur mondial de pulpe d'eucalyptus blanchie, possède un laboratoire de transgénèse des arbres et elle a obtenu, dès 1998, l'autorisation des autorités brésiennes de conduire des expérimentations avec des arbres transgéniques. Une autre société papetière, *Suzano*, possède 180.000 hectares (à peu près la surface de la Guadeloupe) de plantations d'eucalyptus dans les états de Sao Paulo, Bahia, Espirito Santo, Minas Gerais et Maranhao. Elle a un budget de recherché annuel de 2 millions de \$ états-uniens, qui servent à financer des recherches sur les eucalyptus transgéniques. Les sociétés *Aracruz*, *Suzano*, *International Paper* et *ArborGen* sont impliquées dans les recherches sur les arbres transgéniques parce qu'elles pensent pouvoir faire ainsi de l'argent. Une manifestation du mouvement des paysans sans terre a occupé les sites industriels des sociétés *Veracel*, *Suzano*, *Klabin*, *VCP*, *Aracruz* et *Trombini*. Aucune de ces sociétés ne s'engage sur les plantations d'arbres transgéniques dans le but de soulager les forêts et leurs profits s'accumulent aux dépens des populations et des forêts brésiennes, conclut Chris Lang <sup>34</sup>.

Joe Cummins nous rappelle encore que, d'après le *World Rainforest Movement*, les plantations au Brésil et en Thaïlande ont eu des impacts négatifs : évictions des habitants locaux et expropriations forcées, réduction drastique et contamination des sols et de l'eau, destruction de la biodiversité, pertes d'emplois et d'activités, déforestations brutales, perte de revenus financiers locaux et risques pour la santé publique.

---

<sup>33</sup> [www.i-sis.org.uk/GMTGL.php](http://www.i-sis.org.uk/GMTGL.php)

<sup>34</sup> [www.wrm.org.uy/subjects/biotechnology.html](http://www.wrm.org.uy/subjects/biotechnology.html)

Au Chili, des arbres transgéniques ont été créés sur mesure pour les forestiers et les industriels<sup>35</sup>. A la faveur d'une coopération avec la société canadienne *Cellfor* qui remonte à 1999 et avec la création du programme conjoint *GenFor*, le Chili est en passe de devenir le leader dans les biotechnologies en Amérique latine. Le centre d'intérêt initial était de fabriquer des pins résistants à la chenille des pousses (*Rhyacionia buoliana*) qui affectait de vastes étendues de monocultures de pin de Monterey (*Pinus radiata* Don), qui couvre 500.000 hectares au Chili. Les plantations commerciales sont programmées pour 2008. Dans le même temps, ont été travaillés des pins transgéniques porteurs d'une protéine Bt pour la résistance à certains insectes, d'une part, et des pins de Monterey (*Pinus radiata* Don) et des pins à encens (*Pinus Taeda* L.) à haute teneur en cellulose et à teneur réduite en lignine, d'autre part. L'un des facteurs limitants de production de bois dans la Cordillère est la rigueur du climat. Une recherche est engagée pour tenter de transférer la résistance au froid d'une graminée (*Deschampsia antarctica*) dans les eucalyptus et d'élargir ainsi les zones de culture de ces derniers.

Au Kenya, Wangari Maathai, Priz Nobel de la Paix 2005, surveille les eucalyptus transgéniques plantés dans le cadre du Programme de Biotechnologie des Arbres, par le service international pour l'acquisition des applications des biotechnologies à l'agriculture (ISAAA). La croissance rapide des eucalyptus provoque un assèchement des rivières et des étangs, ainsi qu'un abaissement des nappes phréatiques ... la forêt indigène a été perdue et des cultures de subsistance comme les bananes, la canne à sucre et des espèces locales à rhizomes alimentaires de la famille des Marantacées ne sont plus cultivables localement pour assurer la subsistance des populations locales. L'organisme ISAAA, qui est notamment financé par les sociétés *Monsanto*, *Bayer* et *Syngenta*, très engagées dans les biotechnologies, nie que les eucalyptus qui ont été plantés au Kenya aient été modifiés génétiquement<sup>36</sup>.

La Chine, avec environ 159 millions d'hectares de forêts (presque quatre fois la superficie de la France), soit une couverture de 16,55%, est un pays malgré tout pauvre en forêts, loin du taux mondial de couverture forestière qui est de 30,8%. La forêt naturelle se trouve principalement dans le nord-est et le sud-ouest. Au nord-ouest du pays et sur les plaines de l'est, région à forte densité de population et développée économiquement, la forêt est rare. Mais la Chine possède des espèces de plantes variées. Les seules essences d'arbres de haute futaie sont au nombre de 2 800, dont les précieux ginkgo et séquoia. Pour protéger l'environnement et satisfaire à la demande du développement économique, la foresterie intensive se déploie dans le pays. Actuellement, la superficie de forêts artificielles s'étend à 33,79 millions d'ha, soit 31,86% du total des forêts du pays. La Chine possède la plus grande superficie de forêts artificielles du monde. Fin septembre 2003, environ 121,3 millions de mus de

---

<sup>35</sup> [www.wrm.org.uy/bulletin/88/viewpoint.html](http://www.wrm.org.uy/bulletin/88/viewpoint.html)

<sup>36</sup> [www.i-sis.org.uk/GMTGL.php](http://www.i-sis.org.uk/GMTGL.php)

terres (un mu équivalant à 1/15 ha, cela représente à peu près 8 millions d'hectares, soit presque la surface de l'Autriche) avaient été reboisées dans le pays, selon le *Quotidien du Peuple* 17/11/2003.

En Chine, plus d'un million de peupliers transgéniques auraient été plantés, dans le cadre d'un plan gouvernemental qui vise la plantation de 44 millions d'hectares (soit encore une superficie qui se situe entre celle de la Finlande et celle de l'Allemagne) d'ici à 2012, pour prévenir les inondations, les sécheresses et l'avancée des zones désertiques qui ont été les causes d'importations massives de bois au cours des dernières années<sup>37</sup>. Ce projet du « Grand mur vert », d'un montant de 96,2 milliards de yen, a été décrété en 2001 : il prévoit la plantation d'une bande d'arbres de 4.500 Km de long, sur la bordure du désert de Gobi, de façon à prévenir les vents de sable qui touchent Pékin ; cette plantation de plus d'un million d'arbres transgéniques a été lancée après autorisation de l'administration officielle des forêts. Dans la zone nord-ouest de la province du Xinjiang, 8.000 kilomètres carrés (une surface grosso modo équivalente à l'île de Chypre) ont été affectés à l'implantation de monocultures d'arbres transgéniques. Autour des promontoires du Huang-Ho (Fleuve Jaune) et du Yang-Tsé-Kiang (Fleuve Bleu), 400.000 peupliers transgéniques ont été plantés ; mais ils sont toujours dévastés par des insectes, alors que ces arbres avaient été génétiquement modifiés pour résister aux insectes. Ces arbres sont effectivement hors de tout contrôle et la dispersion par les pollens et les graines, vers les arbres y croissant naturellement, ne peut plus être empêchée par des mesures que les deux administrations des forêts et de l'agriculture, cette dernière ne s'occupant que des plantes classées pour l'alimentation, n'ont pas prises à temps.

Pour Chris Lang , dans une note au titre évocateur "Chine : la folie génétiquement modifiée" <sup>38</sup>, la seule solution serait d'arrêter dès maintenant cette expérience non scientifique et dangereuse. Les scientifiques chinois avaient débuté leurs travaux sur les peupliers transgéniques dès la fin des années 1980 et ils avaient bénéficié de 1990 à 1995 d'une aide de 1,8 million de \$ états-unis dans le cadre d'un programme financé par la FAO. Par la suite, une étroite coopération avait été établie avec un laboratoire allemand spécialisé sur les arbres forestiers, basé à Waldsiefersdorf.

## **Les arbres transgéniques , une solution pour nettoyer des sites pollués par des métaux lourds, dont le mercure ?**

Trois rapports <sup>39</sup> émanant de l'institut ISIS <sup>40</sup> basé en Grande-Bretagne, ont fait un point sur ce thème apparemment séduisant : une application écologique des arbres génétiquement modifiés pour

---

<sup>37</sup> [http://www.delaplanete.org/article.php3?id\\_article=202](http://www.delaplanete.org/article.php3?id_article=202)

<sup>38</sup> [chrislang.blogspot.com/2004\\_08\\_27\\_chrislang\\_archive.html](http://chrislang.blogspot.com/2004_08_27_chrislang_archive.html)

<sup>39</sup> [yonne.lautre.net/article.php3?id\\_article=1518](http://yonne.lautre.net/article.php3?id_article=1518)

<sup>40</sup> [www.i-sis.org.uk](http://www.i-sis.org.uk)

dépolluer. La pollution par le mercure est un problème qui va croissant à travers monde, notamment en Inde et sur les continents américains. Le mercure est un métal, le seul métal à l'état liquide, qui se caractérise par une extrême volatilité. Il émet des vapeurs toxiques et, du point de vue de la santé publique, ses effets chroniques sont cumulatifs. La toxicité du mercure dépend de son degré d'oxydation. Le mercure est libéré vers les cours d'eau sous forme de mercure ionique  $Hg^{2+}$  tandis que les dégagements atmosphériques sont composés approximativement en parts égales de mercure métallique  $Hg^0$  et de mercure ionique qui sont puis ensuite convertis en mercure organique (principalement sous forme méthylée de formule  $HgCH_3$ ), qui s'accumule par voie biologique et qui va s'amplifier dans la chaîne alimentaire. L'impact du mercure sur le système nerveux central et la reproduction, est sévère et persistant et il a été observé une baisse des naissances masculines liées à un accroissement des avortements des fœtus masculins. Les effets de la pollution de mercure sont généralisés dans la nature et se font sentir dans des secteurs dépourvus d'activités industrielles. Cette pollution au mercure produit des altérations subtiles, même à de très faibles niveaux de concentration.

Des bactéries Gram négatives, isolées de sols contaminés par le mercure ont été isolées et ont montré la présence d'un gène *merA*, spécialisé dans la production d'une enzyme, la réductase mercurique, dans un opéron impliqué dans la détection, la mobilisation, le transport et la détoxification du mercure<sup>41</sup>. La possibilité d'introduire ce gène *merA* par modification génétique<sup>42</sup> avait déjà été travaillée chez le tulipier de Virginie *Liriodendron tulipifera* afin de rendre, par biolistique, cet arbre capable de convertir l'ion mercurieux très toxique  $Hg^{2+}$  en sa forme élémentaire moins toxique  $Hg^0$ . De nombreux autres travaux ouvraient la possibilité de fabriquer des OGM, dont des arbres transgéniques, principalement des peupliers, avec l'objectif d'utiliser ceux-ci dans des programmes de phytoremédiation, c'est-à-dire de décontamination ou d'élimination, d'un milieu pollué avec des niveaux élevés du mercure<sup>43</sup>.

Malheureusement, bien que le mercure élémentaire reste dans l'atmosphère pendant une période pouvant aller jusqu'à deux années, il est finalement toujours précipité avec la pluie et avec la neige. Avec une formule qui résume tout, "*Des arbres transgéniques, ou génétiquement modifiés, qui dispersent l'empoisonnement par le mercure*"<sup>44</sup>, Joe Cummins a développé cet aspect pour le continent américain. L'Arctique agit en tant que piège pour condenser le mercure qui a été précipité, mais toutes les communautés nordiques, comprenant de grandes villes de l'Est de l'Amérique du Nord, souffrent d'une accumulation croissante de mercure s'abattant avec les précipitations. Le mercure élémentaire précipité est rapidement converti en mercure ionique et organique, une fois qu'il s'est

---

<sup>41</sup> [rutgersscholar.rutgers.edu/volume05](http://rutgersscholar.rutgers.edu/volume05)

<sup>42</sup> [www.nature.com/nbt/wilma/v16n10.906565740.html](http://www.nature.com/nbt/wilma/v16n10.906565740.html)

<sup>43</sup> [harrington.biology.colostate.edu/Phytoremediation/2003/Amy/phytoremediationtechnologies.html](http://harrington.biology.colostate.edu/Phytoremediation/2003/Amy/phytoremediationtechnologies.html)

<sup>44</sup> [yonne.lautre.net/article.php3?id\\_article=1518](http://yonne.lautre.net/article.php3?id_article=1518)

déposé. Ce que va apporter la phytoremédiation, c'est que ces arbres génétiquement modifiés vont émettre des vapeurs de mercure dans l'atmosphère et déplacer <sup>45</sup> celui-ci, à partir du sol des terrains contaminés dans les communautés méridionales, pour le disperser et redistribuer aux communautés nordiques.

Le même auteur, Joe Cummins, a lancé aux Nations Unies à ce sujet une "*Alerte à propos des arbres modifiés génétiquement ou transgéniques*". Dans les milieux aquatiques, le mercure risque de se concentrer dans les chaînes trophiques, de s'accumuler dans les poissons et crustacés et de venir polluer nos produits alimentaires provenant de la mer. On voit là les limites et les risques d'une phytoremédiation transgénique, censée apporter une bonne solution environnementale sur des sites pollués, notamment par le mercure. De plus, basé sur l'expérience actuelle avec les plantes transgéniques en général, il est certain qu'un certain nombre de grains de pollen et de graines transgéniques s'échapperont des plantations. Le peuplement de vastes secteurs, déjà concernés par la pollution géologique naturelle par le mercure, avec de arbres transgéniques et créés pour le captage du mercure, pourrait aboutir à une catastrophe sanitaire mondiale globale.

Une information de l'AFP datée du 28 octobre 2005 et en provenance de Lima, nous apprend que le mercure est présent naturellement dans l'environnement en Amazonie et que le milieu amazonien est propice, à cause des grandes plaines inondées, à la méthylation par les bactéries et les sulfates. La colonisation du sol et la déforestation peuvent accélérer la transformation du mercure qui devient alors potentiellement dangereux, s'il se trouve en quantité dans la chaîne alimentaire<sup>46</sup>.

## **Les arbres à faible taux de lignine , un progrès pour l' environnement ?**

La lignine est un polymère rigide qui se trouve dans les parois des cellules, notamment du xylème, chez les végétaux vasculaires et qui assure le maintien dressé des espèces vivant sur la terre ferme. Cette substance organique imprègne les fibres du bois, dont elle est un constituant, et elle présente une haute résistance à la dégradation. Le bois est constitué essentiellement de cellulose, d'hémicellulose et de lignine. La cellulose est à la base de la fabrication de la pâte à papier. La lignine est la substance responsable des qualités du bois : imperméabilité et inextensibilité, mais elle doit être éliminée lors de la fabrication du papier et elle représente alors un déchet. L'élimination des lignines dans les usines de pulpe ou pâte à papier est particulièrement coûteuse en énergie électrique et en eau dans laquelle la lignine génère une pollution importante, d'où l'intérêt de réduire la quantité de lignine présente dans le

---

<sup>45</sup> [yonne.lautre.net/article.php3?id\\_article=1518](http://yonne.lautre.net/article.php3?id_article=1518)

<sup>46</sup> <http://terresacree.org/misajourr.htm>

bois, notamment à travers des arbres génétiquement modifiés pour une faible teneur en lignine et, corrélativement, un haute teneur en cellulose<sup>47</sup>.

Les arbres transgéniques à faible taux de lignine sont apparemment plus sensibles, non seulement aux dégâts consécutifs aux orages et autres tempêtes, mais également aussi vis-à-vis des insectes, des champignons et des bactéries. Les nouvelles plantations d'arbres suivent souvent la destruction des forêts indigènes et détruiront localement des moyens de subsistance, contraignant des populations locales à se déplacer et à déménager, certaines d'entre elles iront vers de nouvelles forêts, contribuant à l'aménagement d'autres terres pour ces mêmes cultures. Par ailleurs, les arbres génétiquement modifiés à croissance rapide consommeront bien plus d'eau que les plantations forestières industrielles actuelles, appauvrissant ainsi les couches aquifères déjà mises à mal. La demande accrue de papier réside dans les augmentations de dépenses publicitaires dans les journaux et les magazines. Ainsi, l'augmentation de la consommation de papier n'est ni nécessaire ni souhaitable dans le cadre d'un développement soutenable ou durable.

Les arbres transgéniques, implantés en cultures intensives à croissance rapide, aggravent en outre le changement climatique car ils sont beaucoup moins efficaces pour séquestrer le carbone que l'écosystème forestier indigène plus diversifié. Les arbres génétiquement modifiés en vue de produire un insecticide vont détruire beaucoup d'insectes, affectant aussi bien les insectes pris pour cible que les autres. Il en est ainsi jusqu'à ce que les populations d'insectes développent une résistance au bout de quelques cycles de reproduction sexuée. A ce moment là, davantage d'insecticides devront être utilisés, lorsque de nouveaux types de ravageurs plus résistants seront apparus.

La plus grande menace vis-à-vis de la biodiversité réside dans la dispersion du caractère de production d'insecticide (protéines Bt) par les arbres transgéniques dans les forêts naturelles. La réduction des populations d'insectes aura en retour un impact négatif sur les oiseaux et sur les mammifères qui se nourrissent de ces insectes.

Des arbres transgéniques ont également été fabriqués pour être tolérants à des herbicides à large spectre qui détruisent toutes les autres plantes. Ces OGM peuvent également affecter d'autres espèces parmi la faune, et y compris les êtres humains, du fait de la très grande toxicité des matières actives des herbicides utilisés, principalement le glyphosate et le glufosinate d'ammonium, dont les effets ont été décrits plus haut.

Enfin, comme les transgènes des arbres génétiquement modifiés ne peuvent pas être maîtrisés lorsqu'ils ont été largués dans l'environnement, beaucoup d'efforts ont été déployés pour mettre au point des modifications génétiques particulières - généralement désignées sous le nom des techniques

---

<sup>47</sup> [www.i-sis.org.uk/GMFTTUTfr.php](http://www.i-sis.org.uk/GMFTTUTfr.php) .

"Terminator" - qui sont censées empêcher la floraison et la production de pollen<sup>48</sup>. La floraison est empêchée par des gènes anti-sens, ou un petit ARN de régulation, qui bloquent les produits actifs de gènes. Il est aussi fait appel à une sorte d'avortement génétique au moyen d'un gène de suicide : la ribonucléase barnase qui provient de la bactérie du sol *Bacillus amyloliquefaciens*. La ribonucléase barnase est placée sous le contrôle d'un promoteur qui est spécifique du développement floral ou du pollen. Une fois activé, le produit de ce gène tue effectivement les cellules au sein desquelles le gène est exprimé. Mais des effets secondaires marqués, portant sur les feuilles et les branches, avaient été observés, sans que l'on puisse en expliquer la cause. On a par ailleurs ouvert une autre voie par l'utilisation du gène promoteur PTD du peuplier, agissant sur les mécanismes de la floraison, qui a été combiné avec le gène de la toxine diphtérique, DTA, pour produire un peuplier stérile, mais sans rencontrer les effets néfastes sur le rendement qui avaient été observés antérieurement.

Les risques sanitaires et écologiques conférés par ces arbres transgéniques de type "Terminator" sont très sérieux pour la biodiversité : en définitive, des arbres qui ne fleurissent pas et qui ne fructifient pas, ne fourniront donc aucune nourriture pour la multitude d'insectes, d'oiseaux et de mammifères qui s'alimentent normalement à partir du pollen, du nectar, des graines et des fruits dans les massifs forestiers. Ces arbres transgéniques stériles auront donc inévitablement des impacts négatifs énormes sur la biodiversité.

Les techniques génétiques de stérilisation elles-mêmes, qui sont employées pour créer ces arbres stériles, représentent un risque additionnel : la ribonucléase barnase s'est montrée toxique chez des reins de rats et elle était cytotoxique chez des souris et dans des lignées cellulaires humaines. L'on sait par ailleurs que les caractères transgéniques tendent à être instables ; de ce fait, ils pourraient se recomposer et faire en sorte que les plantes transgéniques stériles retournent au développement floral normal, dispersant de ce fait des transgènes vers les autres arbres indigènes, ou qu'elles émettent du pollen qui empoisonnerait les abeilles et d'autres insectes pollinisateurs ; ces événements pourraient tout aussi bien causer des dommages potentiels aux êtres humains.

En conclusion, l'effet génétique qui consiste à empêcher la reproduction sexuelle chez des arbres transgéniques pourrait réduire de façon drastique les recombinaisons génétiques qui sont à l'origine de la diversité biologique et qui apportent le renouvellement en matière d'évolution dans la nature. Les monocultures stériles d'arbres forestiers transgéniques présentent le risque de succomber de maladies ou de sénescence prématurée, ce qui pourrait potentiellement éliminer des plantations forestières entières.

On est bien loin de l'optimisme exprimé au départ et selon lequel les arbres forestiers génétiquement modifiés ou transgéniques pourraient constituer un avantage pour notre environnement.

---

<sup>48</sup> [www.i-sis.org.uk/TerminatorTreesfr.php](http://www.i-sis.org.uk/TerminatorTreesfr.php).

Une décision importante avait été prise en décembre 2003 lors de la neuvième Conférence des Parties, à la Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique, afin de permettre aux gouvernements et aux sociétés commerciales des pays du Nord d'établir des plantations d'arbres génétiquement modifiés dans les pays du Sud<sup>49</sup>. La subvention envisagée, sous l'égide du "Mécanisme de développement propre", pourrait être une opportunité, dont les opérateurs économiques concernés et les partisans des arbres génétiquement modifiés ont besoin, pour rendre cette activité économiquement lucrative et en stimuler la généralisation.

Les arbres transgéniques constituent un sujet très sensible aux Etats-Unis où 63% des paysages forestiers sont dans les mains du secteur privé et les industriels intéressés doivent concevoir des stratégies pour inciter à la plantation d'arbres transgéniques sur ces espaces. Un colloque important avait eu lieu en novembre 2004 à l'Université de Caroline du Nord : des intervenants favorables à la dissémination des OGM se sont exprimés, de même qu'une opposition résolue, sous l'égide de *Global Justice Ecology Project*, qui a lancé un appel pour l'interdiction des arbres transgéniques<sup>50</sup>

On comprend mieux maintenant la position du 'Mouvement mondial des forêts humides' (WRM)<sup>51</sup> et de l'Organisation Internationale des 'Amis de la terre' (FoEI)<sup>52</sup> qui ont invité tous les gouvernements, et particulièrement les Parties de la Convention-Cadre sur le Changement Climatique et son protocole de Kyoto, à interdire la dissémination des arbres génétiquement modifiés. Une campagne d'interdiction des arbres génétiquement modifiés a été lancée en janvier 2004 par l'Association finlandaise de Biosécurité et l'Union d'Ecoforesterie<sup>53</sup>

Avril 2006, Jacques Hallard

---

<sup>49</sup> [www.i-sis.org.uk/GMFTTUTfr.php](http://www.i-sis.org.uk/GMFTTUTfr.php)

<sup>50</sup> <http://www.globaljusticeecology.org>

<sup>51</sup> <http://www.wrm.org.uy/publications/index.html>

<sup>52</sup> <http://www.foei.org/publications>

<sup>53</sup> *No to GM Trees - Non aux arbres génétiquement modifiés* ", revue *Science in Society* N°23, Autumn/Winter 2003, 24-25 .