

CONSERVATION GÉNÉTIQUE ET UTILISATION DES PEUPLIERS EN CHINE, AVEC UNE ATTENTION PARTICULIÈRE POUR LA CHINE DU NORD

Pierre Sigaud, FAO

La Chine présente une flore particulièrement riche de Salicacées, et en particulier de peupliers. Cinquante-trois espèces ont été décrites en Chine, alors que 37 sont réparties en Chine du Nord¹. Les peupliers, essentiellement en tant que clones hybrides, sont largement plantés dans les parties centrale et septentrionale du pays à des fins diverses. Alors que les peupleraies ont une fonction claire de protection en Chine du Nord, où elles sont la principale composante d'un grand quadrillage brise-vent actuellement mis en place, la majorité des peupleraies en Chine centrale et de l'Est sont des forêts commerciales destinées à la production de bois. Le patrimoine génétique unique des peupliers du pays est donc largement utilisé pour l'amélioration des arbres, mais les quelques forêts naturelles restantes sont localement soumises à une pression anthropique. Plusieurs travaux ont souligné la nécessité de leur conservation systématique. Les recherches sur l'amélioration et la culture des peupliers accordent une forte priorité à l'utilisation d'applications biotechnologiques, et la Chine est le premier pays au monde où des arbres (peupliers) génétiquement modifiés ont été mis à disposition de programmes de plantation commerciale de grande échelle. La santé et l'utilisation correcte du patrimoine génétique détermineront la durabilité de la culture du peuplier dans le pays, comme cela est décrit dans le présent document.

Distribution et utilisation du peuplier

La Chine présente une flore particulièrement riche de Salicacées, et en particulier de peupliers. Parmi les 100 espèces et plus de *Populus* signalées dans le monde, 53 ont été décrites par des auteurs chinois (Xu, 1988; Zhao et Cheng, 1994), et 37 sont réparties en Chine du Nord² (Ibidem; voir le Tableau 1), bien que le statut taxonomique précis de certaines espèces, sous-espèces ou variétés peut être inconnu. Les peupliers sont depuis des siècles étroitement associés aux activités humaines et utilisés de manière extensive dans les systèmes agroforestiers ou sylvopastoraux en Chine. La conséquence est que la répartition globale actuelle des peupliers, y compris des espèces indigènes, diffère considérablement des zones de répartition naturelle. Avant 1950, des peupliers et saules indigènes avaient été plantés de manière extensive en Chine centrale et du Nord le long de routes, des canaux et des lignes de chemins de fer, en utilisant du matériel végétal local (Zheng et Ren, dans Zhou et Weisgerber, 1997). Dans les années 50 et 60, une priorité importante a été accordée à la conservation et à la restauration des sols dans le nord-est du pays et dans le centre de la Mongolie intérieure, et des campagnes publiques ont encouragé la protection des champs agricoles, des terres de pacage, des villes, des villages et des maisons, par la mise en place de ceintures vertes. Ces initiatives ont conduit à des programmes de plantation systématique de réseaux boisés le long des rues, des routes, des champs, des canaux et des lignes de chemins de fer, et dans les jardins privés. Les caractéristiques uniques des peupliers noirs et des peupliers baumiers (multiplication végétative facile, croissance initiale rapide et disponibilité de matériel de reproduction local) ont rendu ces arbres très populaires. La multiplication végétative était utilisée communément pour les peupliers indigènes, complétée par la récolte et l'échange de semences lorsqu'il n'y avait pas assez de matériel végétal sur place. De grandes quantités de semences (*P. simonii* et *P. pseudosimonii*) ont été récoltées dans les années 60 dans le centre du Liaoning et envoyées dans les fermes forestières de la plaine du nord-est. Les jeunes plants ont alors été sélectionnés dans des pépinières et rapidement mis en champs. On n'a guère fait attention à la provenance du matériel végétal, à l'adaptation des espèces ou des clones aux sites, ni même aux pratiques d'entretien des plants après la plantation.

1. Dans le présent document, on entend par Chine du Nord la zone couverte par le Programme de reboisement des Trois Nord (Bureau des Trois Nord, 1989), décrit dans l'Encadré page 5.



Abbildung 1

Klimabezogene Zuordnung natürlicher Pappelvorkommen in China
 Classification of indigenous poplar species of China in respect to the climatic zones

Figure 1: Répartition naturelle des peupliers indigènes en Chine, selon les zones climatiques (D'après Weisgerber, dans Zhou, Hong et Weisgerber, Horst, 1997)

ESPÈCES	Nord-Est			Centre-Nord			Nord-Ouest					Altitude (m)
	Heil	Jil	Liao	Mon	Heb	Shan	Shaa	Gan	Nin	Qing	Xinj	
<i>P. afghanica</i>											√	1400 – 2800
<i>P. alba</i>											√	450 – 750
<i>P. amuyensis</i>	√			√								600 – 800
<i>P. canescens</i>											√	600 – 700
<i>P. cathayana</i>			√	√	√	√	√	√		√	√	800 – 3200
<i>P. charbinensis</i>	√											300 – 500
<i>P. davidiana</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	200 – 3800
<i>P. euphratica</i>				√				√	√	√	√	2500 – 2900
<i>P. gansuensis</i>								√				1800 – 2000
<i>P. girinensis</i>	√	√										300 – 400
<i>P. hopeiensis</i>					√	√	√	√	√	√		700 – 1600
<i>P. hsinganica</i>	√			√	√							300 – 700
<i>P. iliensis</i>											√	600 – 750
<i>P. jrtyschensis</i>											√	200 – 2000
<i>P. koreana</i>	√	√	√									400 – 1100
<i>P. lasiocarpa</i>							√					1300 - 3500
<i>P. laurifolia</i>											√	1200 - 1700
<i>P. maximowiczii</i>	√	√	√	√	√		√	√				400 - 2000
<i>P. nakaii</i>	√	√	√	√	√							600 - 900
<i>P. nigra</i>											√	400 - 800
<i>P. ningshanica</i>						√	√					600 - 1000
<i>P. pamirica</i>											√	1800 - 2000
<i>P. pilosa</i>											√	1600 - 2300
<i>P. pruinosa</i>											√	300 - 1500
<i>P. przewalskii</i>				√			√		√			500 - 1500
<i>P. pseudomaximowiczii</i>					√		√					1000 - 1600

<i>P. pseudosimonii</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		300 - 2300
<i>P. pseudotomentosa</i>						√						300 - 1400
<i>P. purdomii</i>					√		√	√				700 - 3300
<i>P. simonii</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	600 - 2300
<i>P. suaveollens</i>	√			√								200 - 400
<i>P. szechuanica</i>							√	√				1100 - 4000
<i>P. talassica</i>											√	500 - 1800
<i>P. tomentosa</i>					√	√	√	√				200 - 1800
<i>P. tremula</i>											√	700 - 2300
<i>P. ussuriensis</i>	√	√	√									300 - 1400
<i>P. wilsonii</i>							√	√				1300 - 3300
NOMBRE PAR PROVINCE	12	8	8	11	11	8	14	12	5	6	16	37
Légende: Heil: Heilongjiang; Jil: Jilin; Liao: Liaoning; Mon: Mongolie intérieure; Heb: Hebei; Shan: Shanxi; Shaa: Shaanxi; Gan: Gansu; Nin: Ningxia; Qing: Qinghai; Xin: Xinjiang												

Tableau 1: Répartition des espèces de peupliers en Chine du Nord (Basé sur Xu, 1988)

Alors qu'ils poussaient bien dans les meilleures conditions et lorsqu'ils étaient cultivés dans des jardins privés, les peupliers indigènes ont affiché dans le nord de la Chine des résultats dans l'ensemble à peine satisfaisants. Compte tenu de la grande quantité de ressources consacrées à ces premières campagnes de plantation à grande échelle, les taux de survie des jeunes plants étaient inférieurs aux attentes. Sur les sites les plus difficiles, on a commencé à appeler les plants qui avaient survécu « petits vieux arbres ». Cela a permis entre-temps d'acquérir une expérience précieuse et unique concernant les techniques de pépinière et de plantation, la répartition naturelle et les exigences écologiques des espèces indigènes.

Les scientifiques spécialistes de la foresterie et les sélectionneurs ont également contribué à la traduction en action de l'engagement politique fort en faveur du reboisement. Ils se sont d'abord concentrés sur l'importation d'un matériel génétique étranger. On a introduit dans le passé des peupliers exotiques, dont *P. nigra* var. *italica* et *P. nigra* var. *thevestina*, *P. x canadensis*, et *P. deltoides* (des hybrides de *P. deltoides* étaient connus localement sur la côte du Hebei comme *P. x shanhaiguan* depuis le début du XXe siècle), mais leur utilisation s'est limitée aux plantations d'agrément dans les villes et les jardins botaniques (Zhang Jie et Zhang Qi Wen, dans Zhu et Zhang, 1991). *P. nigra*, présente dans l'ouest du Xinjiang, aurait même été introduite dans des temps anciens par des marchands sur la route de la soie. Un arboretum a été créé en 1930 à Gaixian, dans le Liaoning, comprenant plusieurs espèces de peupliers.

Les introductions systématiques n'ont commencé qu'après 1949. De 1950 à 1960, environ 60 clones ont été importés par l'Académie forestière de Chine et le Jardin botanique de Beijing en provenance d'Allemagne de l'Est, de Pologne, de Roumanie et d'ex-URSS. Au début des années 70, la Chine disposait de clones tels que « I-214 », « Pioneer », « Polska-15 », « Robusta », « Ruskii », « Sacrau-79 », « Serotina » et « Stalinetz », ainsi que quelques variétés de *P. x canadensis*, *P. x berolinensis*, *P. laurifolia* et *P. nigra* (Zhang et Zhang, 1981).

Les premiers programmes d'amélioration génétique et de plantation

La disponibilité de nouveau matériel génétique et les attentes concernant l'hétérosis potentielle des descendance hybrides (F1) ont poussé à mettre au point des programmes dynamiques d'amélioration des peupliers.

Une des premières initiatives concernant la pollinisation a été enregistrée pour le peuplier blanc, *P. tomentosa*, par M. Xu Weixin en 1947 (Zhang et Zhang, 1981). Cette initiative a été suivie par plusieurs activités menées par l'Académie forestière de Chine, l'Université forestière de Nanjing et d'autres institutions de recherche en Chine, jusqu'au début des années 70.

Plusieurs combinaisons ont été testées dans des croisements contrôlés, y compris *P. nigra* x *P. simonii* ou *P. simonii* x *P. nigra* (diffusées plus tard sous les noms de *P. x simonigra*, *P. x xiaozhuanica*, *P. x opera*, *P. x popularis*, *P. x simopyramidalis*, *P. nigra* x *P. cathayana* (*P. x beijingensis*), et beaucoup d'autres espèces, variétés et clones. Les activités de l'Institut de recherche sur le peuplier de Gaixian, dans le Liaoning, sont résumées en détail dans Zhang et Zhang (1981). Certains programmes de sélection, par exemple à l'Institut forestier de Baicheng, dans le Jilin, ou dans les pépinières forestières de la compagnie des chemins de fer, ont également eu recours à la sélection de masse basée sur des semences mélangées issues de pollinisation libre récoltées sur des arbres mères de *P. simonii*, dont les descendances ont donné des semences vigoureuses. Les semences ont ensuite été semées en pépinière ou en serre, les jeunes plants ont été sélectionnés en fonction de leur vigueur et de leur résistance au gel et les familles ont été testées sur le terrain. On a donc pu produire plusieurs hybrides ayant des caractéristiques précieuses telles qu'un port droit et une croissance initiale rapide, par rapport aux peupliers baumiers indigènes. Dans les conditions de la Chine du Nord, les combinaisons les plus prometteuses comprenaient *P. simonii* x *P. nigra*, *P. cathayana* x *P. nigra*, et *P. pseudosimonii* x *P. nigra*.

Ces premiers programmes ont été mis en oeuvre d'une manière empirique, en utilisant principalement des sources de semences disponibles localement, et se basant sur un petit nombre d'arbres parents. On pense que la base génétique des nouveaux matériels était très limitée et que plusieurs clones étaient étroitement apparentés (voir Tableau 2). La nécessité d'une approche rationnelle de l'amélioration des peupliers, à partir de la prospection, de la collecte et de l'évaluation systématiques des arbres parents, a été progressivement reconnue, et les activités de prospection et de conservation ont commencé pour *P. nigra* dans le Xinjiang et *P. simonii* dans le Jilin par l'Institut de recherches forestières de Baicheng.

Les résultats des travaux de sélection et de propagation effectués par les scientifiques dans les années 60 et 70 et les informations à leur sujet sont peu à peu parvenus aux aménagistes et aux techniciens forestiers. Toutefois, de nombreuses activités de recherche, comme l'amélioration des arbres et plusieurs programmes de boisement, ont été considérablement réduites ou complètement abandonnées durant la Révolution culturelle. Cette période a également vu une progression des abattages et de la déforestation à la suite de la politique du Grand bond en avant. En Chine du Nord, l'accroissement démographique spectaculaire a aussi contribué à aggraver les dégâts causés à l'environnement.

Développements depuis les années 80

La recherche scientifique a redémarré dans les académies forestières, les universités et les institutions de recherche après la Révolution culturelle, vers la fin des années 70, à un moment où les orientations politiques ont mis de nouveau l'accent sur la nécessité de mobiliser au maximum les efforts et les ressources pour lutter contre la désertification, améliorer ou restaurer les capacités agricoles et augmenter la production de bois. Plusieurs programmes nationaux, régionaux et locaux ont été lancés et un organisme spécialisé chargé du reboisement en zones arides, le Programme de reboisement des Trois Nord, a été mis en place par le Ministère des forêts³.

Le Programme de reboisement des Trois Nord

Depuis sa mise en place en 1978, le Programme de reboisement des Trois Nord du Bureau des Trois Nord (*Sanbei* en chinois) a lancé et coordonné un programme de plantation systématique mis en oeuvre par les autorités forestières nationales, provinciales/régionales et locales. Le Programme, responsable devant le Conseil d'Etat, englobe 551 comtés/districts/villes de 13 provinces, régions autonomes et municipalités dans le nord-ouest, le centre-nord et le nord-est de la Chine, couvrant 4 069 millions de km², soit 42,4% de la superficie totale du pays. Il s'agit du programme écologique le plus important au monde; il a commencé en 1978 et devrait se terminer en 2050, sur une superficie prévue de 35,08 millions d'hectares, dont 23,03 millions d'hectares de plantations.

2. Le Ministère des forêts a été remplacé en 1998 par le Service d'Etat des forêts.

En 1994, plus de 13 millions d'hectares avaient été plantés au titre de la première et de la deuxième phase du programme. L'objectif était de planter 6,18 millions d'hectares durant la période 1996-2000 et 4,04 millions d'hectares durant la période 2001-2010. Le programme vise aujourd'hui à améliorer la qualité et la valeur marchande du bois produit et à augmenter les bénéfices économiques tirés des plantations.

D'autres programmes majeurs liés à la foresterie incluent les Programmes de reboisement sur les bords des fleuves Liaohe, Yangtze et Jaune, le Programme de boisement des plaines, le Programme de boisement des monts Taihang et le Programme national de lutte contre la désertification (Shi *et al*, 1997). La majorité des programmes sont situés en Chine du Nord.

Le peuplier reste le genre préféré pour le boisement. Sur les 33 millions d'hectares de forêts plantées en Chine, la superficie sous peuplier est estimée à 6,7 millions d'hectares (y compris les forêts commerciales et de protection). Dans le Programme de reboisement des Trois Nord et le Programme de boisement des plaines, les peupliers constitueraient 60% de la superficie totale des arbres plantés (Commission nationale du peuplier, 1996). 80% du réseau de brise-vent des Trois Nord sont constitués de peupliers (Han et Grosscurth, dans Zhou et Weigerber, 1997).

Pour atteindre ses objectifs ambitieux, le Programme des Trois Nord, comme d'autres projets similaires, a identifié des genres, des espèces et des variétés dont l'adaptabilité et la fiabilité avaient déjà été démontrées dans le nord de la Chine. Dans les types de site où des eaux souterraines étaient facilement disponibles (plaines et bassins fluviaux, terrains sableux, plateaux de loess, mais également dunes de sable), on a donné la priorité au peuplier, en particulier aux clones obtenus dans les années 50 et 60, pour lesquels le processus de sélection était achevé. Sur les sites les plus difficiles consacrés à la populiculture, des hybrides de *P. simonii* x *P. nigra* ont été sélectionnés sur la base de l'expérience locale.

Grâce à la nouvelle politique d'ouverture du pays, les contacts ont été rétablis entre les sélectionneurs de peupliers. La Chine a adhéré officiellement à la Commission internationale du peuplier en 1980. Les contacts accrus avec le monde extérieur ont permis d'introduire une quantité exceptionnelle de matériel génétique étranger de peuplier (plusieurs centaines de souches sont maintenant enregistrées; à titre de comparaison, seulement 80 clones avaient été importés dans les années 70, d'Italie et de Yougoslavie). Ceux-ci comprenaient des provenances méridionales de *P. deltoides*, une vaste collection de *P. x euramericana* provenant d'Europe occidentale, et plusieurs souches belges *P. deltoides* x *P. trichocarpa*.

Depuis le début des années 80, les travaux de recherche menés par les académies et universités forestières se sont axés en grande partie sur l'importation, l'évaluation et la sélection de matériel exotique de peuplier (principalement sous la forme de clones déjà sélectionnés à l'étranger), et sur l'expérimentation de leur capacité de croisement avec des peupliers locaux ou leurs hybrides. On a noté une forte hétérosis et un potentiel encore plus grand chez les familles *P. deltoides* x *P. cathayana*, qui ont affiché une bonne adaptation aux conditions de la Chine centrale (Tong et Han, 1991).

Les activités effectuées dans le prolongement des travaux de sélection des années 60 et du début des années 70 pour la Chine du Nord ont été radicalement réduites. Une série de *P. x euramericana* « Zhonglin » et d'autres hybrides « ZJ » et « ZX » ont été obtenus à la fin des années 70 à Beijing. Des clones de *P. x popularis* ont été croisés avec une variété de matériel génétique exotique (y compris « Polska-15 » et divers clones de *P. nigra* et *P. deltoides*) en 1983 et on a trouvé des possibilités d'obtenir un gain génétique plus important. Les résultats de plusieurs essais comparatifs récents en Chine du Nord ont confirmé que dans les meilleurs sites, peu de clones étrangers donnent des résultats meilleurs que les hybrides *P. simonii* x *P. nigra* (Wang, 1995). Une évaluation à grande échelle des performances des peupleraies en Chine a été effectuée sur 23 clones et a abouti à une typologie pour la croissance des peupliers dans le pays (Chen, Zhao, Xu et Yang, dans Wang, 1995). Des travaux ont aussi été menés sur les peupliers blancs (Section *Leuce*) qui ont affiché localement une bonne adaptation au site et une faible incidence des ravageurs. Les difficultés techniques rencontrées pour les multiplier facilement par voie végétative ont toutefois restreint leur utilisation dans les programmes de boisement à grande échelle. Le manque général de continuité dans les programmes d'amélioration génétique mis en oeuvre dans les années 70 explique pourquoi peu de nouveaux clones ont été obtenus pour la Chine du Nord, et pourquoi la plupart des programmes de boisement s'appuient encore aujourd'hui sur un matériel génétique peu diversifié (voir Tableau 2).

Nom générique	Arbres parents (F x M)	Nombre de souches*	Année de création	Superficie plantée (ha)	Nombre d'arbres plantés
<i>P. x popularis</i>	<i>simonii x nigra</i>	10	1956	1 000 000	51 millions
<i>P. x beijingensis</i>	<i>cathayana x nigra</i>	13	1954 - 1957	66 000	200 millions
<i>P. x xiaohei</i>	<i>simonii x nigra</i>	-	1960	1 000 000	-

*: nombre de géotypes différents, bien qu'étroitement apparentés (probablement demi-fratries ou fratries entières).

Tableau 2: Trois clones de peupliers performants utilisés dans des programmes de boisement en Chine du Nord (d'après Zhu et Zhang , 1991)

En Chine du Nord, les premières plantations forestières comprenant des peupliers indigènes *P. simonii* et *P. pseudosimonii*, des ormes, des chênes ou des pins, ont atteint depuis longtemps l'âge d'exploitabilité et sont remplacés par des peupliers hybrides. A travers toute la Chine du Nord, la diversité génétique des nouvelles peupleraies est souvent limitée à un seul clone (principalement l'hybride *P. simonii x P. nigra*). L'incorporation originale des caractères de *P. nigra* dans le patrimoine génétique local a permis aux forestiers d'étendre l'aire écologique couverte par les espèces indigènes *P. simonii*, *P. pseudosimonii* et *P. cathayana*, jusqu'à des sites plus secs, hors des lits des fleuves et des vallées. Toutefois, une gestion sylvicole médiocre (forte densité de plantation, élagage grossier) et des phénomènes climatiques extrêmes périodiques ont contribué récemment à affaiblir l'état des peupleraies dans les conditions environnementales les plus difficiles.

Peu de programmes d'amélioration permanents sont étroitement associés à la foresterie du peuplier en Chine du Nord, mais la situation est différente en Chine centrale. Dans les zones centrales tempérées du sud de la Chine (latitude de 30° à 35°N), plusieurs peupliers euraméricains, en provenance d'Europe, connaissent une bonne croissance en bordure des plaines inondables extensives et sont devenus une composante importante d'un système agroforestier très productif depuis les années 80, où le secteur privé est la force motrice.

La grande valeur et la rareté du bois dans les plaines centrales et orientales encouragent beaucoup à développer les peupliers à haut rendement, et les systèmes sylvicoles mis au point par les sélectionneurs et les scientifiques sont rapidement adaptés par les exploitants agricoles. Toutefois, la diversité génétique des plantations reste extrêmement réduite: le Groupe de génétique de l'Université forestière de Nanjing estime qu'environ 60 pour cent des plantations en Chine centrale, couvrant une superficie totale de quelque 600 000 kilomètres carrés, est constituée aujourd'hui de clones « I-69 », en provenance d'Italie (Farmer, 1992).

Avec le concours de plusieurs institutions, dont l'Académie forestière de Chine et l'Université forestière de Nanjing, des sélectionneurs et des aménagistes forestiers travaillent pour élargir la base génétique du programme de boisement. La zone présente un climat semblable à celui de la vallée inférieure du Mississippi et plusieurs missions de prospection et de récolte par des sélectionneurs chinois dans le sud des Etats-Unis ont permis de créer un réservoir différent de souches de peuplier occidental, qui sert maintenant de collection de base. Depuis 1980, les chercheurs de l'Université de Nanjing se sont également lancés dans un programme d'amélioration en utilisant par exemple *P. deltoides* introduit et *P. simonii* indigène provenant de la Chine centrale.

Biotechnologies modernes et amélioration du peuplier

Les outils de biotechnologie sont de plus en plus utilisés dans la foresterie en Chine, bien qu'à un rythme plus lent que dans le secteur agricole. Les peupliers sont utilisés comme espèces modèles en recourant à un certain nombre de biotechnologies modernes, pour la caractérisation de la ressource, pour de premières analyses, et pour l'amélioration génétique du peuplier. Le renforcement des capacités dans la modification génétique du peuplier a été lancé dans le cadre d'un projet de développement financé par le PNUD (PNUD/FAO, 1994-1998). Le projet a aidé des scientifiques spécialistes du peuplier de l'Académie forestière chinoise dans le transfert d'un gène toxique unique de *Bacillus thuringiensis* dans plusieurs variétés (y compris *P. nigra*) afin de leur conférer une résistance au bombyx disparate. Des sites d'expérimentation de peupliers transgéniques ont été mis en place en 1994 dans le Xinjiang, dans le nord-ouest de la Chine. Depuis, le travail se poursuit dans diverses institutions afin de générer une résistance à la saperde et de rechercher la tolérance à divers facteurs, y compris la salinité (Wang, 2003). De manière intéressante, la Chine est le seul pays dans le monde où des arbres (peupliers) génétiquement modifiés ont été mis à disposition de programmes commerciaux de plantation à grande échelle. Le Tableau 3 montre l'état de la modification génétique du peuplier en Chine en 2003.

Espèce ou clone de peuplier	Recherche (R), Analyse de terrain (T), Diffusion environnementale (E), ou Plantation commerciale (C)	Caractères ciblés	Gène(s) inséré(s)	En cours ou mis en application
<i>Hybride de peuplier 741</i> [<i>P. alba</i> x (<i>P. davidiana</i> + <i>P. simonii</i>)] x	E C	Résistance aux parasites des feuilles	Bt Cry1 et API	Appliqué aux plantations commerciales en 2001
<i>Populus deltoides</i>	R	Résistance aux insectes	Bt	En cours
<i>Populus deltoides</i> x <i>P. cathayana</i>	R	Résistance aux parasites des feuilles	mtiD/gutD	En cours
<i>Populus deltoides</i> x <i>P. somonii</i> (N-106)	R	Résistance aux parasites des feuilles	AaIT	En cours
<i>Populus nigra</i>	E C	Résistance aux parasites des feuilles	Bt	Appliqué aux plantations commerciales en 2002
<i>Populus simonii</i> x <i>P. nigra</i>	R	Résistance au sel	Bet-A	En cours
<i>Populus tomentosa</i>	R	Résistance aux maladies et au stress	NP-1 (<i>rabbit alexin</i>)	En cours

Tableau 3: Résumé de l'état de la modification génétique des peupliers en Chine

Il faut néanmoins noter que des liens ont été faibles entre les programmes traditionnels de sélection et d'amélioration des arbres et les applications biotechnologiques. En particulier, le meilleur matériel génétique du peuplier récolté et sélectionné par les programmes traditionnels de sélection n'a pas toujours été utilisé dans les applications biotechnologiques. Il existe ainsi un fossé entre les programmes, et des lacunes dans la transmission des connaissances. La recherche est trop souvent entreprise sur les biotechnologies, y compris la modification génétique, sans l'appui d'un programme d'amélioration des arbres. La conséquence est qu'un travail important sur les arbres génétiquement modifiés (GM) s'arrête au stade du laboratoire, sans applications pratiques. Les avancées en biotechnologie ont déjà un impact sur l'accès et la participation aux bénéfices: les scientifiques qui ont développé un peuplier GM « 741 » à l'Université d'agriculture du Hebei et l'Institut de microbiologie de l'Académie chinoise des sciences, ont déposé une demande de droits de sélectionneurs pour une nouvelle variété végétale. Il s'agira du premier cas, si leur demande est approuvée, dans lequel des droits de propriété intellectuelle seront reconnus pour un arbre forestier GM en Chine.

Questions de santé des forêts de peupliers et de biosécurité

La plus grande menace sur l'effort chinois unique de boisement de peupliers à grande échelle, reposant sur un nombre limité de génotypes, réside dans le risque concomitant de parasites et de maladies. On a recensé en Chine plus de 200 insectes nuisibles au peuplier et leur impact a considérablement augmenté ces dernières décennies à mesure que les peupleraies s'étendaient. Les dégâts causés par les saperdes constituent la menace la plus grave pesant sur les forêts commerciales et de protection. Pour endiguer la propagation des coléoptères longicornes comme le capricorne d'Asie *Anaplophora glabripennis* (voir l'Encadré), on a coupé et brûlé 24 millions d'arbres dans le Ningxia, dans le centre-nord de la Chine, durant l'hiver 1991 et le printemps 1992 (Commission nationale du peuplier, 1996). L'incidence des maladies du peuplier semble faible en Chine du Nord, par rapport à la Chine centrale, sans doute parce que l'hiver y est rude tandis que l'automne et le printemps sont secs, ce qui ne favorise pas la propagation des champignons (Schmutzenhofer, *et al.* 1996). Alors que les techniques de lutte intégrée contre les ravageurs sont encouragées, on réalise également de plus en plus que la sélection de matériel végétal résistant aux insectes et aux maladies a une importance vitale pour la durabilité des monocultures de grande échelle. Des

caractères liés à la tolérance ou à la résistance aux facteurs biotiques ont été de plus en plus pris en compte dans les programmes d'amélioration et de modification génétique des peupliers.

Une menace particulière pour les peupleraies : le capricorne d'Asie

Le capricorne d'Asie *Anaplophora glabripennis*, endémique à la Chine, infeste les bois durs. Le stade larvaire est le plus destructeur, lorsque des tunnels sont creusés sous l'écorce et à travers le bois. Après la pupation, les adultes émergent en creusant un tunnel dans le bois, créant un trou de sortie arrondi; les dégâts causés à l'arbre sont importants. Chaque femelle est capable de pondre 30 à 70 œufs.

Depuis 1998, les dégâts causés par le capricorne d'Asie en Chine du Nord sont devenus critiques en raison de graves pressions climatiques exercées sur les arbres, et de la dépendance croissante de plantations d'espèces d'arbres/de clones uniques. Le ravageur est désormais réparti dans 240 comtés de 13 provinces dans la Région des Trois Nord, à savoir le Shaanxi, le Gansu, le Ningxia, le Qinghai, le Xinjiang, Beijing, Tianjin, le Hebei, la Mongolie intérieure, le Shanxi, le Liaoning, le Jilin, le Heilongjiang. Aujourd'hui les arbres les plus touchés dans la Région des Trois Nord sont principalement les peupliers, les saules et les ormes, qui constituent l'essentiel des espèces de feuillus utilisées.

Dans la Région autonome Hui du Ningxia, la province la plus touchée, le capricorne d'Asie s'est propagé de la fin des années 80 au début des années 90 sur plus de 200 communes de 20 comtés, et les zones infestées sont passées de 2 000 hectares à 40 000 hectares. Afin d'endiguer cette situation, le Gouvernement régional a abattu plus de 24 millions d'arbres infestés, incluant des peupliers, des saules et des ormes, si bien que le réseau forestier de protection pour l'agriculture ne fonctionne plus. Un nouveau réseau forestier a été mis en place avec des espèces alternatives d'arbres, plus tolérantes à la sapeurde. Cependant, il existe des contraintes significatives à la plantation de tels arbres, parce qu'ils ne sont pas si bien adaptés aux zones froides et arides et aux maladies, et qu'ils ont un rendement économique moindre. Les exploitants agricoles préfèrent donc planter des peupliers selon les pratiques traditionnelles. La situation actuelle indique un potentiel d'expansion accrue vers les zones occidentales et septentrionales de la Chine, y compris vers les forêts naturelles restantes. Le ravageur constitue également une menace mondiale, avec de sérieux impacts sur le commerce international.

Projets récents sur les ressources génétiques du peuplier dans le nord de la Chine

Décideurs et forestiers sont de plus en plus conscients de l'importance de l'enjeu, et diverses initiatives ont été lancées pour assurer la durabilité des peupleraies en Chine du Nord. L'action s'est concentrée sur deux directions: (i) mieux connaître les peuplements et les espèces indigènes restantes et leur diversité génétique, et procéder à la prospection et la récolte, et (ii) s'efforcer de diversifier les plantations forestières, en augmentant à la fois la diversité des espèces et celle du matériel génétique des peupliers. Plusieurs travaux ont souligné la nécessité d'un plan de conservation systématique pour les peupliers indigènes (Xu, 1988; Commission nationale du peuplier, 1996; Weisgerber, 1995).

La question a été abordée à travers diverses initiatives encourageant une meilleure utilisation du matériel génétique local. Des missions régulières de prospection et de récolte ont été effectuées dans 6 provinces et régions de 1985 à 1987 (Han, Wu et Wang, dans Zhu et Zhang, 1991). En 1987, le Ministère des forêts a chargé l'Académie forestière de Chine d'une prospection dans tout le pays de *P. cathayana* (Li et Yang, 1997). Dans le même temps, on a commencé à caractériser la diversité des provenances de *P. ussuriensis*. Une étude approfondie de la botanique, de la répartition, de l'écologie, de l'utilisation et du potentiel de *P. euphratica* a abouti à une monographie fournissant une large couverture du nord de la Chine (Wang, 1996).

Un projet de coopération sino-allemand, démarré en 1984, a mené d'importantes opérations de prospection, particulièrement dans le nord-ouest de la Chine. On a récolté et établi 650 souches de peupliers indigènes et 170 souches de peupliers exotiques (dont 22 clones de *P. simonii* et 230 clones de *P. cathayana*) dans des peuplements *ex situ* dans le Shanxi. Des croisements contrôlés intra- et interspécifiques ont été effectués avec 400 combinaisons différentes (1984-1995), en se concentrant sur les peupliers blancs et les peupliers baumiers du nord. De grandes quantités de nouveau matériel génétique sont toujours étudiées sur le terrain, après l'achèvement du projet en 1997 (Weisgerber, *et al.* 1995).

Un projet financé par la Belgique, situé dans la partie orientale de la Mongolie intérieure, a entrepris entre 1991 et 2002 la prospection et la conservation de peupliers indigènes, y compris *P. simonii* et des espèces apparentées, un programme de sélection et d'amélioration des peupliers, et a réuni plus de 652 clones de peupliers nationaux et étrangers à des fins de conservation et d'évaluation. Les études du projet ont confirmé les résultats précédents sur le potentiel élevé d'amélioration de *P. simonii* en Chine du Nord. L'espèce apparaît au premier rang parmi les peupliers indigènes tolérant le froid et la sécheresse, et on étudie sa variabilité sur une vaste aire de répartition naturelle. Des gains génétiques supplémentaires pourraient probablement être facilement obtenus en combinaison avec *P. nigra* et *P. deltoides* par le biais de la sélection soignée des parents et de la sélection récurrente. Outre le travail effectué sur *P. simonii*, le Projet sino-belge de boisement s'est également investi dans l'introduction de matériel documenté de peuplier noir du Xinjiang (*P. nigra*) et de peuplier occidental (*P. deltoides*) provenant du nord des Etats-Unis et des Prairies canadiennes.

Dans la Chine centrale et de l'Est, où la foresterie commerciale est plus rentable, il y a eu ces dernières années un regain d'intérêt pour la peupleraie, relancée dans une certaine mesure par la diffusion de clones obtenus par le moyen de biotechnologies modernes (culture de tissus ou modification génétique), et des campagnes de mercatique conduites par les sociétés de biotechnologie. Il faut noter cependant que l'amélioration traditionnelle et des évolutions importantes dans les pratiques de culture peuvent à elles seules donner une augmentation significative de la productivité des peupleraies : le Projet de développement et de protection des ressources forestières (1996-2001) sous l'égide du Programme de prêts de la Banque mondiale a facilité la mise en place de près de 1,3 millions d'hectares de peupliers à fort rendement (principalement des hybrides euraméricains et des peupliers blancs). Le projet se basait sur l'amélioration des gains en productivité par le recours à de meilleurs clones et une meilleure gestion sylvicole. Ses objectifs (augmentations annuelles moyennes passant de 15 mètres cubes par hectare à 20 m^3 /ha; et rotations raccourcies à 5-6 ans pour le bois à pâte, et à 12-14 ans pour le bois de placage) devraient être atteints, selon les dernières évaluations des taux de croissance.

Conclusion

Les programmes de boisement lancés en Chine dans les années 50 et intensifiés depuis 1978 ont contribué à la mise en place d'un réseau extensif de plants et de brise-vent pour fournir du bois, du bois de chauffe, du fourrage et des matériaux de base, réduire l'érosion des sols et la désertification, et soutenir l'agriculture et l'élevage d'animaux. L'importance des plantations forestières pour la fourniture d'une vaste gamme de biens et de services devrait augmenter dans l'avenir. L'approvisionnement intérieur en produits ligneux et bois d'oeuvre dépendra probablement encore plus des plantations, étant donné qu'une interdiction des abattages est en vigueur dans les forêts naturelles restantes de tout le pays depuis 1998. Le Gouvernement chinois s'est fermement engagé à conserver la diversité biologique et à lutter contre la désertification, et le boisement joue un rôle important à cet égard. Les plantations forestières sont de plus en plus guidées par le secteur privé et par des considérations économiques. Même en Chine du Nord, les programmes publics de boisement doivent produire des revenus économiques directs.

Utilisant à l'origine une courte liste d'espèces et de variétés indigènes, y compris des peupliers locaux, et accordant peu d'attention à la qualité génétique du matériel, les programmes de boisement sont devenus plus sophistiqués et reposent aujourd'hui sur un petit nombre d'espèces et de clones sélectionnés, desquels on attend une production accrue. Au coeur de la sylviculture moderne de plaine, le peuplier est un élément clé du développement économique rural et peu de genres pourraient le remplacer.

Les structures génétiques instables de certaines peupleraies ont néanmoins déjà conduit à de graves dégâts causés par des maladies et des insectes et à des pertes de production considérables dans plusieurs régions du nord. Le nombre limité de clones disponibles pour des programmes de grande échelle et leur base génétique étroite justifient que l'on poursuive l'amélioration des peupliers en Chine du Nord pour assurer la durabilité des gains génétiques obtenus jusqu'ici. Ces programmes sont également nécessaires pour l'utilisation correcte des biotechnologies qui sont mises au point dans le secteur forestier, et pour en optimiser les résultats.

Dans le même temps, un programme ne saurait être durable sans l'entretien d'une vaste base génétique pour les activités d'amélioration et de sélection. L'expérience acquise en Chine démontre l'importance et le caractère unique du matériel génétique local, non pas à des fins de boisement, mais pour l'incorporation de matériel génétique dans des programmes d'amélioration sur mesure et « à la carte ». Le patrimoine génétique local s'amenuisant rapidement, il est nécessaire d'intervenir localement au plus vite pour *P. cathayana*, *P. euphratica*, *P. nigra* et *P. simonii* dans leurs zones respectives de répartition.

L'introduction de clones de peuplier mis au point dans d'autres pays dans des conditions différentes, peut seulement compléter les efforts nationaux d'amélioration à long terme. En Chine centrale et de l'Est, les peupliers exotiques et leurs hybrides avec le patrimoine local constituent la majorité des peupleraies. En Chine du Nord, peu de clones exotiques se sont révélés adaptés, et le principal intérêt du matériel génétique étranger de peuplier réside dans le fait qu'on peut le croiser avec des ressources indigènes, après l'adaptation des arbres parents (de provenances septentrionales, continentales). Parmi les meilleurs candidats figurent *P. nigra*, *P. deltoides* et *P. simonii*.

Le défi réside dans la taille du pays, et plusieurs initiatives ont déjà commencé à aborder les questions de conservation et d'amélioration du peuplier. Les travaux devraient se poursuivre sur le long terme et bénéficier d'un engagement politique ferme. La sensibilisation sur l'importance des gains de productivité à récolter, par le biais de programmes de gestion génétique durable, est une question fondamentale.

Références bibliographiques

Antoine, Raymond. 1989. Reboisements en Mongolie intérieure (Chine). *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, n° 9, vol. 75, pp. 149 - 157.

Bureau des Trois Nord [Bureau du Ministère des forêts en charge de la construction de forêts brise-vent en Chine du Nord, du Nord-Est et du Nord-Ouest], 1989. A Rising Green Great Wall. Dadi Publishing House, 175 p.

Commission nationale du peuplier de la RP de Chine. 1996. National Report on Activities Related to Poplar and Willow Cultivation (1991 - 1996). Document préparé pour la XXe Session de la Commission internationale du peuplier, Budapest, Hongrie.

FAO. 1979. Poplars and Willows in Wood Production and Land Use. FAO, Rome, 328 p.

Farmer R.E., Jr. 1992. Eastern Cottonwood Goes to China. *Journal of Forestry*, juin 1992, pp. 21-24.

Li, Kuangyu, Yang, Zixiang et al. 1997. DNA Polymorphism and Genetic Differentiation of *P. cathayana*. I. DNA polymorphism. *Chinese Science Bulletin*, 42 (9).

Li, Kuangyu, Yang, Zixiang et al. 1997. DNA Polymorphism and Genetic Differentiation of *P. cathayana*. II. Genetic Differentiation. *Acta Bot. Sinica* 39 (8).

Ma, Chenggong. 1995. Present Situation and Development of Poplar Cross-breeding in China. *Forestry Sciences*, vol. 1, pp. 60-67.

Marcot, Bruce G, Ganzei, Sergei S., Zhang, Tiefu et Voronov, Boris A. 1997. A sustainable plan for conserving forest biodiversity in far East Russia and Northeast China. *The Forestry Chronicle*, Sept. - Oct. 1997, vol. 73, n° 5, pp. 565-571.

Mienzi, Nicholas K. 1994. Forest and Land Management in Imperial China. St Martin's Press, 175 p.

PNUD/FAO. 1998. High-yield Poplar Plantations in the Warm Temperate and Cold Semi-arid Areas of East China. Project Findings and Recommendations. FO:DP/CPR/88/041 Terminal Report, FAO, Rome. 19 p.

Schmutzenhofer, Heinrich; Mielke, Manfred; Luo, Youqing; Ostry, Michael et Wen, Junbao. 1996. Field Guide/Manual on the identification and Management of Poplar Pests and Diseases in the Area of the « Three North 009 Project » (North-Eastern China). FAO, China Forestry Publishing House.

Shi, Kunshan; Li, Zhigong; Lin, Fenming et Zheng, Rui. 1997. China's country Report on Forestry. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study, Working Paper n°APFSOS/WP/14. FAO, Rome, 1997.

Sigaud, Pierre. 1999. Reboisements dans le Grand-Nord Chinois. *Arborescences*, n° 80, pp. 36-38.

- Tong, Yongchang, et Han, Yifan.** 1991. Photos and Diagrams of Superior Clones in Broadleaf Trees. Symposium on Selection and Breeding of Main Fast-Growing Species with High Yield. China Scientific and Technical Press, 210p.
- Tu, Zhongyu, et Huang, Minren.** 1995. Genetic Improvement of Broadleaf Trees. Symposium on Selection and Breeding of Main Fast-Growing Species with High Yield. Scientific and Technical Documents Publishing House, 310 p.
- Wang, Chi-Wu.** 1961. The Forests of China. Maria Moors Cabot Foundation Publication n° 5, Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 313 p.
- Wang, Shiji.** 1995. Advances in Poplar Research (1991 - 1995). Forestry Publishing House, Beijing, 413 p.
- Wang, Shiji, Chen, Binghao et Li, Huqun.** 1996. Euphrates Poplar Forest. China Environmental Sciences Press, Beijing, 212 p.
- Weisgerber, H., Kownatzki, D. et Mussong M.** 1995. Natural Poplar Resources in China and their Significance for Breeding and Afforestation. *Silvae Geneticae* 44, 5-6, pp. 298-303.
- Xu Weixin.** 1988. Yang Shu (Poplar). Heilongjiang People's Press, Harbin, 449 p.
- Yang Zili, Zhou Shouyi, Zhang Weidong, et Yang Zixiang.** Poplar Genetic Resources In North China: The Challenge Of Sustainable Forestry. *Forest Genetic Resources* n° 27, pp. 2-10. FAO, Rome
- Yang, Zixiang, Wang Shouzhong et al.** 1995. Classification of *Populus cathayana* Rehd. of different original places and different individuals by leaf shape characteristics. *Forest Science and Technology*, 1995 (2).
- Yang, Zixiang, Wang Shouzhong et al.** 1996. Cold Resistance Variation of *Populus cathayana* clones from Different Populations. *Forest Research* 9 (5).
- Zhang, Ligong et Zhang, Yonghua.** 1981. Yang Shu Zajiao Yuzhong de Yanjiu [Travail d'amélioration génétique des peupliers]. *Forest Science and Technics of Jilin*. 1981, pp. 28 - 39.
- Zhao, Tianxi et Cheng, Zhanghui.** 1994. The Poplar Intensive Cultivation in China. Forestry Publishing House.
- Zhou, Hong et Weisgerber, Horst.** 1997. Afforestation in semi-arid regions – Findings and Perspectives. Proceedings of the International Symposium in the People's Republic of China, Datong/Jinshatan, juin 1997. Hann. Münden.
- Zhu, Xiangyu et Zhang Jie.** 1991. Poplar Genetic Improvement, Beijing Agricultural University Press, 371p.
-