

biologie et forêt

CHOIX DES ESPÈCES POUR LE REBOISEMENT EN HAUTE ALTITUDE Premiers enseignements de l'arboretum Curie (Col des Trois-Sœurs - Lozère - alt. : 1 470 m)

J.-Ch. BASTIEN - P. IMBERT - M. VALLANCE

DESCRIPTION DE L'ARBORETUM CURIE

Dans le début des années soixante-dix, la station d'Amélioration des Arbres forestiers de l'INRA et le CEMAGREF ont installé plusieurs arboretums d'élimination destinés à trier parmi un nombre élevé d'espèces forestières celles susceptibles d'être adaptées à des conditions environnementales particulières pour lesquelles le praticien souhaitait connaître ou élargir la gamme des espèces potentielles : région méditerranéenne (Pestour, 1984), zones soumises à la pollution atmosphérique en Basse-Seine (Bastien, 1988), haute altitude dans les Alpes et les Pyrénées (Mullenbach, 1985-1987).

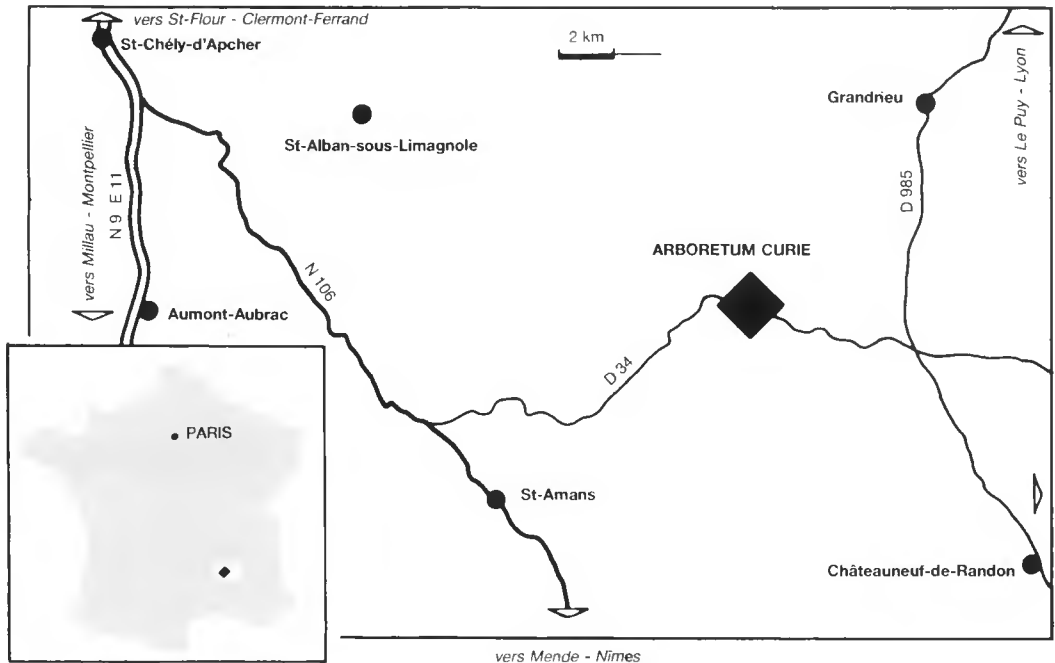
Historique et choix de l'emplacement

Historiquement, la décision de créer un arboretum en Margeride lozérienne résulte d'une initiative privée : en 1971, le professeur Daniel Curie a suggéré au centre de gestion de l'Office national des Forêts de Mende d'installer, en Lozère, une collection d'espèces alpines analogue à celle mise en place au col du Lautaret (Isère) ou dans l'arboretum du Mont-Aigoual (Lozère).

L'ONF s'est lui-même tourné vers la station d'Amélioration des Arbres forestiers de l'INRA et, conjointement, a été adopté le projet d'installer une collection restreinte d'espèces forestières en vue de tester leur résistance à l'altitude des hauts plateaux de Margeride pour lesquels, bien

que ne donnant pas entièrement satisfaction, l'Épicéa commun reste encore la seule espèce de reboisement.

Le site d'installation retenu a été le col des Trois-Sœurs, situé à environ 15 km au nord-est de Saint-Amans, au bord de la départementale 34. Par son altitude (1 390 à 1 480 m), son sol et sa végétation, ce site est très représentatif de vastes zones à reboiser en Margeride.



Caractéristiques écologiques

• Le climat

Il n'existe pas de poste météorologique à proximité du col des Trois-Sœurs ou à une altitude comparable ; les résultats suivants sont élaborés à partir des relevés des deux stations les plus proches de l'arboretum : Saint-Denis-en-Margeride (7,5 km à l'ouest du col des Trois-Sœurs, altitude 1 172 m) et Saint-Jean-La-Fouillouse (10 km à l'est du col des Trois-Sœurs, altitude 1 145 m).

Le climat du col des Trois-Sœurs est à la fois rude et sec :

— La température moyenne annuelle de 6,1°C traduit des conditions nettement montagnardes. De plus, pendant deux mois (janvier et février), la température moyenne est inférieure à 0°C. Enfin, le risque de gelée existe tout au long de l'année : par exemple, - 8°C le 1^{er} mai 1976,

– 2°C le 4 juin 1984, – 1°C le 29 août 1986. Au col des Trois-Sœurs, la durée de la saison de végétation est de l'ordre de 5 mois.

— Les précipitations moyennes annuelles relevées de 1949 à 1985 à Saint-Denis-en-Margeride sont relativement faibles compte tenu de l'altitude : 983 mm pour l'année avec un maximum en mai (100 mm) et un minimum en juillet (65 mm). Depuis la création de l'arboretum, la hauteur des précipitations moyennes varie fortement d'une année à l'autre mais globalement se révèle supérieure à la moyenne trentenaire : 1 131 mm. Toutefois, de nombreuses années à sécheresse estivale marquée ont été observées : 1976 à 1979, 1983, 1985.

— Signalons enfin l'importance de la neige et du vent, malheureusement non enregistrés par les postes météorologiques cités plus haut, et qui, à l'altitude de l'arboretum, causent des dégâts considérables aux plants.

● *Le sol*

Développé sur granite porphyroïde, le sol est de type brun présentant un début de podzolisation. Il est acide (pH voisin de 5), riche en matière organique peu décomposée (C/N voisin de 15 dans l'horizon A1) et possède une texture équilibrée dans les cinquante premiers centimètres qui devient franchement sablo-limoneuse par la suite en présentant un phénomène de migration et d'accumulation de l'aluminium libre dans l'horizon B.

Sur le plan minéral, il possède une teneur en calcium et magnésium échangeables correcte, une teneur en potassium minéralisé très bonne en surface mais faible à partir de 20 cm de profondeur. La teneur en phosphore est très élevée pour ce type de sol mais sous forme difficilement assimilable.

Bien que présentant un taux de saturation faible, ce type de sol peut être considéré comme bon pour les conditions d'altitude de la Margeride.

Réalisation de l'arboretum

● *Choix des espèces*

Contrairement aux arboretums de collection, dans lesquels une espèce n'est souvent représentée que par quelques individus, on s'attache, dans les arboretums d'élimination, à prendre en compte la grande variabilité naturelle qui existe au sein des espèces forestières en représentant celles-ci par des placeaux d'un nombre de provenances aussi élevé que possible.

Le choix des espèces et des provenances à tester a été guidé par des similitudes écologiques entre leur station d'origine et le site de l'arboretum. On a également mis à profit des observations sur le comportement des espèces installées par Debazac en 1966 dans un petit arboretum de collection en forêt domaniale de Born à 1 400 m d'altitude. Dans la mesure du possible, les graines ont été récoltées sur peuplements sauvages et non dans des collections botaniques où les risques de consanguinité ou d'hybridation entre espèces différentes sont élevés. La répartition des unités génétiques en feuillus-résineux est résumée dans le tableau suivant :

	Résineux	Feuillus	Total
Nombre de genres	8	8	16
Nombre d'espèces	49	22	71
Nombre de lots	303	36	339

On trouvera en annexe (p. 509) la liste des espèces présentes au printemps 1988 dans l'arboretum Curie. Cette collection, provenant exclusivement de l'hémisphère Nord, est caractérisée par

une très forte représentation des résineux par rapport aux feuillus avec notamment 3 genres (*Abies*, *Picea* et *Pinus*) qui totalisent à eux seuls plus de la moitié des espèces et 80 % des provenances. Le nombre de provenances varie de 1 à 37 selon les espèces. Sur les 76 espèces, 14 seulement sont bien échantillonnées au niveau intraspécifique (nombre de provenances supérieur ou égal à 6).

Jouxant l'arboretum, dans le site col, il existe une plantation comparative de provenances de Douglas mise en place par l'INRA en 1976, permettant de comparer cette espèce avec celles de la collection en zone non exposée (col et pente).

● *La mise en place*

L'arboretum occupe actuellement une surface plantée de 5,32 ha dans 4 zones écologiques différentes (Vaillant, 1973) :

- une zone de col (1,78 ha), à sol profond, à végétation assez élevée (nombreuses touffes de Genêt purgatif) ;
- une zone de crête (1,74 ha), très exposée au vent, à sol peu profond et à végétation naturelle rase (Callune) ;
- une zone de pente (1,70 ha), à sol profond peut-être enrichi par un certain colluvionnement avec une relative abondance de graminées au bas de la pente ;
- une zone de tourbière (0,1 ha).

Si les zones col et pente constituent des stations représentatives de l'étage montagnard supérieur, le site crête, en raison de son exposition, pourrait être classé dans l'étage subalpin, *a priori* non destiné au reboisement (Franc, 1987), mais permettant ainsi de juger les espèces dans des conditions extrêmes. La tourbière constitue une zone de faible étendue, propice uniquement à tester les espèces pour leur tolérance à des conditions d'hydromorphie permanente.

Les plantations ont été effectuées en ligne avec des écartements moyens de 1 m sur la ligne et de 2 m entre lignes. Les lots de plants ont été mis en place sous forme de placeaux rectangulaires de 30 arbres (parfois 15). Chaque lot, dans la mesure du possible, a été initialement implanté dans chacun des trois sites principaux.

La gestion scientifique et technique de l'arboretum Curie est assurée conjointement par l'INRA et l'ONF.

● *Conclusion*

Un certain nombre de critiques peuvent être formulées sur l'arboretum Curie :

- Faute d'un effectif en plants suffisant, certains lots ne sont pas présents dans les trois sites principaux.
- Des conditions moyennes d'élevage en pépinière ont été utilisées pour les différents lots ; elles ont pu se révéler inadaptées pour certaines espèces dont certaines ont disparu dès la première année d'installation : *Abies sacchalinesis*, *Betula occidentalis*, *Betula costata*, *Picea jezoensis*, *Pinus densiflora*, *Pinus griffithii*, *Pinus jeffreyi*, *Pinus pumila*, *Populus balsamifera*.
- De nombreuses espèces ne sont représentées que par un seul lot, d'origine parfois inconnue. Il arrive aussi fréquemment que l'échantillon de provenances représentatif d'une espèce provienne d'une zone restreinte de l'aire naturelle (exemple : *Abies procera*, *Abies balsamea*, *Picea glauca*, *Picea mariana*). Dans les deux cas, il est très délicat de généraliser à l'espèce entière un comportement observé.
- Sur le plan des techniques de reboisement, on peut enfin critiquer l'absence de fertilisation et de lutte contre la Callune empêchant un développement optimal des plants.

En 1987, soit 11 ans après les premières introductions, un état des lieux a été réalisé sur l'ensemble de l'arboretum (survie, forme globale et vigueur estimée par la hauteur totale) dont le bilan complet a fait l'objet d'un rapport détaillé (Imbert, 1988). Compte tenu de la jeunesse des placeaux, il est encore délicat de tirer des informations définitives sur le comportement des espèces introduites dans l'arboretum Curie pour une utilisation en reboisement. Cependant, des différences très marquées d'adaptation et de vigueur apparaissent dès à présent entre les espèces. Dans cette présentation des principaux résultats, nous avons distingué :

— les **espèces prometteuses** qui présentent déjà des potentialités encourageantes pour les reboisements d'altitude (survie, vigueur juvénile) et pourraient faire l'objet de placeaux de pré-développement ;

— les **espèces à confirmer** qui présentent une bonne survie mais une croissance initiale lente ou bien pour lesquelles, malgré une bonne vigueur, il est difficile de conclure en raison soit d'une mauvaise reprise à la plantation soit d'une date trop récente d'introduction.

RÉSULTATS

Espèces prometteuses

● *Abies balsamea*. Le Sapin baumier est représenté dans l'arboretum Curie par 23 provenances, presque toutes originaires d'une portion restreinte de l'aire naturelle dans le Sud du Québec. Les performances enregistrées dans les différents sites sont les suivantes :

Age : 11 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur placeau	Moyenne de l'espèce	Meilleur placeau
Col	92	100	181	239
Pente	81	97	139	179
Crête	68	87	109	147
Moyenne de l'espèce	81		143	

Survie et vigueur sont globalement excellentes notamment en site col. On enregistre toutefois une forte instabilité du classement des provenances entre sites pour la croissance. Cependant, il semble que les plus vigoureuses de l'échantillon testé proviendraient de la rive Sud du Saint-Laurent. Cette espèce, la plus vigoureuse du genre *Abies* dans l'arboretum Curie devrait trouver sa place dans les reboisements en sites peu exposés.

● *Abies concolor*. Ce Sapin, surtout connu pour sa valeur ornementale, est représenté dans l'arboretum par 8 provenances assez bien réparties dans l'aire naturelle : Californie, Nouveau-Mexique, Arizona, Colorado.

Age : 7, 11 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur placeau	Moyenne de l'espèce	Meilleur placeau
Col	70	97	101	161
Pente	81	93	99	189
Crête	76	100	67	109
Moyenne de l'espèce	75		89	

On notera avec intérêt que la survie en crête reste comparable à celle enregistrée dans les deux autres sites moins exposés. La vigueur varie du simple au double selon les provenances et confirme le bon comportement des origines californiennes (Fowells, 1965) qui, pour ce caractère, atteignent presque le niveau des meilleures provenances d'*Abies balsamea*.



Abies concolor -
11 ans (pente)

Photo INRA - Ardon

- *Abies procera*. Une seule provenance orégonaise représente l'espèce dans l'arboretum Curie. Ses performances à 10 ans sont les suivantes :

Age : 10 ans	Survie (%)	Hauteur totale (cm)
Col	73	100
Pente	90	103
Crête	73	71
Moyenne de l'espèce	80	94

Malgré sa croissance juvénile lente, le Sapin noble, par sa rusticité, confirme son intérêt forestier en altitude. Un plateau planté il y a environ 20 ans à une altitude identique dans l'arboretum de Born (cité plus haut) montre actuellement une vigueur comparable à celle de l'Épicéa commun. *Abies procera* se caractérise également par une remarquable forme du fût et des branches. Un test multistationnel de provenances, mis en place par la station d'Amélioration des Arbres forestiers de l'INRA permettra, dans quelques années, d'orienter le reboiseur vers les meilleures sources de graines.

- *Picea abies*. L'échantillon de provenances introduit (7 françaises, 1 polonaise, 1 roumaine) présente une survie excellente avec toutefois une croissance initiale faible :

Biologie et forêt

Age : 8, 10 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau
Col	88	100	87	162
Pente	94	100	101	135
Crête	91	100	67	108
Moyenne de l'espèce	91		85	

La grande rusticité de l'Épicéa commun justifie sa large utilisation comme espèce de reboisement en altitude. Parmi les provenances testées, « Massacre » (région de provenances 06) et « Gérardmer » (région de provenances 01) sont très bonnes quel que soit le site ; « Bonnetage » (région de provenances 05) devrait plutôt être réservée aux sites abrités.

• *Picea glauca*. Les 29 provenances mises en place dans l'arboretum Curie sont toutes originaires de l'Est de l'aire naturelle immense qu'occupe l'Épinette blanche dans le Nord du continent américain (du Labrador à l'Alaska). Les performances moyennes enregistrées dans les différents sites sont les suivantes :

Age : 11 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau
Col	85	97	180	248
Pente	82	100	144	190
Crête	74	97	138	200
Moyenne de l'espèce	80		154	

La survie est bonne dans l'ensemble. Selon les provenances, la vigueur peut varier de 1 à 2 dans les zones non exposées et de 1 à 3 en crête. Pour le moment, *Picea glauca* est l'espèce la plus rapide en croissance parmi toutes celles du genre *Picea* présentes dans l'arboretum. Ces premiers résultats semblent montrer que l'Épinette blanche est une espèce adaptée à la Margeride sous réserve de sa résistance aux facteurs biotiques. Pour une utilisation en reboisement, il semble préférable d'utiliser les provenances les plus méridionales : Sud du Québec, région des Grands Lacs. Cependant, des tests de provenances seraient nécessaires pour mieux connaître la variabilité intraspécifique de cette espèce.

• *Picea mariana*. L'Épinette noire est représentée sur l'arboretum par une collection de 31 provenances elles aussi récoltées majoritairement dans une zone géographique limitée aux abords du Saint-Laurent au Québec.

Age : 10, 11 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau
Col	83	100	137	224
Pente	81	100	123	189
Crête	75	100	99	172
Moyenne de l'espèce	80		120	

Toutes provenances confondues, la survie est très satisfaisante. On notera en outre le bon comportement du seul lot implanté en tourbière : survie 77 %, hauteur totale à 10 ans 240 cm. La croissance en hauteur de l'Épinette noire est nettement supérieure à celle de l'Épicéa commun, sans toutefois atteindre celle de *Picea glauca* ; entre les provenances testées elle varie du simple au double. Cependant la plupart des arbres présentent un fût flexueux avec des branches nombreuses et fastigiées. Cette espèce se caractérise aussi par une aptitude à marcotter provoquant fréquemment l'apparition d'une touffe de tiges à la base des plants.

Picea mariana apparaît comme une espèce très intéressante surtout pour repeupler les zones mouilleuses, fréquentes dans le faciès alvéolaire de Margeride. Sur la base des résultats fournis par l'échantillon de provenances testées, on conseillera l'utilisation de provenances originaires de la zone des Grands Lacs. Toutefois, en zone mieux drainée, on préférera *Picea glauca* pour ses qualités de vigueur et de forme.

● *Pinus contorta*. Avec 37 provenances couvrant bien l'aire naturelle et une provenance artificielle irlandaise, *Pinus contorta* est l'espèce la mieux représentée au niveau intraspécifique dans l'arboretum Curie. La répartition des provenances entre 3 des 4 sous-espèces s'établit comme suit :

- *Pinus contorta* ssp. *latifolia* 22
- *Pinus contorta* ssp. *contorta* 7
- *Pinus contorta* ssp. *murrayana* 8

Age : 11 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau
Col	95	100	299	408
Pente	84	100	266	371
Crête	78	100	205	267
Tourbière	83	95	96	227
Moyenne de l'espèce	86		257	

On peut regretter l'absence de répétitions de près de 50 % des lots dans tous les sites qui complique et rend moins fiable l'interprétation des résultats.

Parmi toutes les espèces testées dans l'arboretum Curie, *Pinus contorta* est certainement celle qui présente la meilleure survie et la plus stable entre sites : 19 provenances ont une survie supérieure ou égale à 90 % ; elles proviennent pour la plupart d'une zone située à l'ouest du 120° degré de longitude Ouest.

Pinus contorta s'avère être une essence très vigoureuse à l'altitude du col des Trois-Sœurs : 23 cm de croissance moyenne annuelle en hauteur, toutes provenances confondues. À 11 ans, 6 provenances atteignent même une hauteur supérieure ou égale à 3 m.

Pinus contorta présente toutefois assez souvent des défauts de forme : fût flexueux, fourches, etc... Ceux-ci se rencontrent notamment chez les provenances de la sous-espèce *contorta* : provenances côtières de Colombie Britannique, du Washington, d'Oregon et provenance artificielle irlandaise.

Pour le moment, contrairement à ce qui est observé à basse altitude, *Pinus contorta* est, au col des Trois-Sœurs, pratiquement indemne d'attaques de la tordeuse des bourgeons *Rhyacionia buoliana* (Giovani, 1985). Sa très bonne vigueur le place en tout premier rang des espèces à



Pinus contorta - 11 ans (col)



Pinus monticola - 10 ans (col)

Photos INRA - Ardon

recommander pour un reboisement en altitude. Il existe toutefois une forte variabilité de forme entre provenances. Celles qui combinent au mieux rectitude et vigueur appartiennent à la sous-espèce *latifolia* : Colombie Britannique intérieure, Montana d'altitude, Cascades d'altitude en Oregon. On peut penser que des hybrides entre provenances côtières et provenances intérieures, associant au mieux vigueur et forme, donneraient encore meilleure satisfaction. Il est prioritaire de tester maintenant l'espèce à plus large échelle en Margeride sous forme de placeaux de prédéveloppement.

• *Pinus monticola*. L'aire naturelle de ce Pin à cinq feuilles est assez bien couverte par 10 provenances originaires d'Oregon, Californie, Washington, Idaho, Montana. Une provenance est malheureusement d'origine inconnue.

Age : 10 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau
Col.....	84	100	198	269
Pente.....	93	100	187	235
Crête.....	85	100	116	164
Moyenne de l'espèce.....	87		167	

La survie est très satisfaisante sur l'ensemble des sites. *Pinus monticola* est l'une des espèces les plus vigoureuses de l'expérience. Elle vient toutefois assez loin derrière *Pinus contorta*. Bien que moins vigoureux en site crête, les plants y demeurent dans un état physiologique excellent et de forme parfaite (fût rectiligne, branches peu nombreuses et horizontales).

Pinus monticola est certainement une espèce potentielle de reboisement en Margeride et serait mieux à même de produire du bois de qualité que *Pinus contorta*. Des tests de provenances

permettraient de mieux connaître sa variabilité naturelle. À la lumière de ces premiers résultats, on peut déjà recommander les origines du Montana, de l'Idaho, et de l'Est des Cascades du Washington. *Pinus monticola* est éliminé des reboisements à basse altitude en raison de sa grande sensibilité à *Cronartium ribicola*. Sa résistance actuelle en altitude demande à être confirmée.

- *Pinus uncinata*. L'échantillon de 8 provenances installé dans l'arboretum Curie est issu uniquement de la partie pyrénéenne de l'aire qui couvre également les Alpes et le Jura.

Age : 10 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau
Col.....	70	98	149	202
Pente.....	70	100	144	181
Crête.....	65	77	121	156
Moyenne de l'espèce.....	68		138	

Dans l'ensemble, *Pinus uncinata* n'est pas une espèce aussi vigoureuse que *Pinus contorta*. Comme pour la survie, il existe aussi une bonne stabilité de la croissance d'un site à l'autre. La meilleure performance est réalisée par un lot récolté en forêt domaniale de Font-Romeu (Pyrénées-Orientales).

Le Pin à crochets, qui occupe déjà en Margeride 5 % de la surface forestière, confirme par sa rusticité sa vocation forestière en altitude notamment en protection de sites exposés. On peut recommander l'utilisation de graines récoltées dans les peuplements classés pyrénéens et en particulier celui de Font-Romeu.

Espèces à confirmer

- *Abies alba*. La majorité des provenances introduites ont une survie supérieure à 70 % dans presque tous les sites. Pour la vigueur, la provenance lozérienne « Mercoire » se détache nettement au-dessus des autres lots avec une hauteur totale de 1 m à 10 ans. Toutefois, pour le moment, avec une croissance initiale modeste, le Sapin pectiné reste en retrait derrière les trois Sapins nord-américains : *Abies balsamea*, *Abies concolor* et *Abies procera*.

- *Larix decidua*. Bien qu'installées uniquement en site pente, la plupart des 5 provenances introduites en 1976 ont très mal survécu (survie moyenne : 12 %) probablement en raison de l'utilisation de plants trop grands ou d'un mauvais conditionnement en chambre froide. En revanche, une provenance lituanienne introduite il y a 4 ans également en site pente a eu un taux de reprise de 80 %. Toutefois, les plants survivants de la « série 76 » sont dans un état physiologique excellent et détiennent même le record de croissance en hauteur toutes espèces confondues : 4,40 m pour une provenance allemande et deux provenances des Tatras et Sudètes polonaises. Un test de provenances incluant le Mélèze hybride (cf. ci-après) serait tout à fait justifié pour cette espèce.

- *Larix eurolepis*. Deux formules de Mélèze hybride, mises en place en 1983 seulement en site pente, manifestent à plusieurs titres, dès l'âge de 4 ans, un comportement très satisfaisant parmi les autres espèces du genre *Larix* :

— survie : 80 %, comparable aux meilleures provenances de *Larix laricina* (cf. p. 506) ;

Biologie et forêt

— croissance : 122 cm à 4 ans soit 30 cm par an en moyenne. La dernière pousse annuelle enregistrée dépasse même 50 cm en moyenne ;

— forme : pour le moment, absence de flexuosité et de fourches.

Il est bien sûr trop tôt pour porter un jugement sur une utilisation éventuelle du Mélèze hybride comme essence de reboisement en Haute Margeride. Ses performances très encourageantes à 4 ans méritent d'être confirmées et son comportement en site plus exposé devrait aussi être étudié.



Larix eurolepis -
4 ans (pente)

Photo INRA - Ardon

• *Picea engelmanni*. Cette espèce regroupe dans son aire naturelle les forêts les plus hautes et les plus froides de l'Ouest de l'Amérique du Nord. C'est pourquoi, elle a été largement représentée dans l'arboretum Curie avec 25 lots dont l'origine est répartie sur 16 degrés de latitude : de la Colombie Britannique jusqu'au Nouveau-Mexique. Entre sites, son comportement s'établit comme suit :

Age : 10 ans	Survie (%)		Hauteur totale (cm)	
	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau	Moyenne de l'espèce	Meilleur plateau
Col.....	82	100	81	115
Pente.....	88	100	108	190
Crête.....	69	93	66	100
Moyenne de l'espèce.....	80		85	

Avec une bonne survie mais une vigueur globalement faible, *Picea engelmanni* se classe en retrait par rapport à *Picea glauca* mais au niveau de *Picea abies*. Un choix judicieux des origines

s'impose pour une utilisation en reboisement de cette espèce dont l'état physiologique est très satisfaisant dans l'arboretum Curie. Les meilleures provenances sont originaires d'Arizona en altitude (3 000 m), du Montana et d'Oregon à moyenne altitude (1 700 m).

● *Pinus sylvestris*. L'échantillon des 4 provenances mises en place dans l'arboretum se compose de 3 origines vosgiennes et une de Mazurie polonaise. On peut regretter l'absence d'une source de graines locale. Sauf en site exposé, où l'espèce est à proscrire, la provenance polonaise s'avère la meilleure pour la survie et la vigueur avec les performances suivantes :

	col	pente
Survie (%)	93	80
Hauteur totale à 11 ans (cm)	269 (24,5 cm/an)	227 (20,7 cm/an)

Cette provenance se classe actuellement derrière les meilleures provenances de *Pinus contorta* et *Pinus monticola* mais devant *Pinus uncinata*. Le Pin sylvestre est encore une espèce dont il conviendrait de préciser le choix des sources de graines dans ce type de station par un test de provenances.

● *Pseudotsuga menziesii*. Le Douglas fait l'objet, en site col, d'une plantation comparative de provenances (58 lots de la ssp. *glauca* et 8 de la ssp. *viridis*) dont plus d'un tiers provient d'une altitude supérieure à 2 000 m. Une étude récente (Rosette, 1986) a souligné l'inadaptation, dans ce site, des provenances de Douglas vert et surtout l'intérêt de certaines provenances de Douglas intérieur de moyenne altitude du Montana, de l'Est des Cascades en Oregon et Washington et aussi des zones intérieures humide et méridionale sèche de Colombie Britannique. Ainsi, la meilleure provenance (Montana, altitude 600 m), avec une survie de 97 % et une hauteur totale de 2,63 m à 10 ans, se classe au-dessus des meilleures provenances des genres *Abies* et *Picea* et au niveau des meilleures provenances de *Pinus monticola*. Pour le moment, aucune attaque de *Rhabdocline pseudotsugae* n'a été décelée dans ce dispositif contrairement à ce qui a été observé sur les provenances intérieures (ssp. *glauca*) dans un test homologue planté dans les Alpes du Sud (Soutrenon, 1986). Des essais de comportement à plus grande échelle des meilleures origines mériteraient d'être entrepris dans des stations comparables au site du col des Trois-Sœurs.

Autres espèces

À titres divers, plusieurs espèces méritent d'être encore citées brièvement :

- *Abies bornmulleriana* : survie en crête de 100 % des deux provenances turques introduites et, en site non exposé, vigueur supérieure à *Abies alba* (95 à 120 cm à 10 ans).
- *Betula papyrifera* et *Betula verrucosa* : deux seules espèces feuillues dont la survie en site non exposé dépasse 60 %. En col, un plateau de *Betula verrucosa* dépasse 3,40 m de hauteur totale à 11 ans.
- *Larix laricina* : intolérant aux sites exposés, extrêmement flexueux en site non exposé, cette espèce est déclassée par *Larix decidua* et *Larix eurolepis* pour la vigueur et la forme. En tourbière, *Larix laricina* est toutefois le champion pour la croissance en hauteur (3,32 m à 11 ans).
- *Picea pungens* : bonne survie en crête notamment des plateaux les plus récemment introduits mais croissance initiale très lente (hauteur totale moyenne comprise entre 54 et 110 cm à

10 ans). Pour sa rusticité, cette espèce pourrait éventuellement trouver sa place en colonisation de sites exposés avec l'utilisation de provenances d'Arizona d'altitude (> 3 000 m).

- *Picea sitchensis* : pour le moment, comportement satisfaisant d'une provenance de Colombie Britannique en sites non exposés (survie : 98 % ; hauteur totale à 10 ans : 1,50 m).
- *Pinus banksiana* : 14 provenances représentent cette espèce dans l'arboretum Curie. La survie dépasse 70 % en moyenne et, en vigueur, certaines provenances dépassent à 11 ans 2,50 m en site crête et 3 m en site col. La très mauvaise forme (fût très flexueux, fourches nombreuses), caractéristique de l'espèce et observée dans d'autres collections dendrologiques, proscrit *Pinus banksiana* d'une utilisation en reboisement pour une fonction de production. À la rigueur, cette espèce pourrait jouer un rôle de colonisation en site hydromorphe (2 provenances ont une croissance annuelle atteignant 26 cm) où, dans la mesure du possible, on préférera quand même *Pinus contorta* aussi vigoureux et beaucoup mieux conformé.
- *Pinus peuce* : bien que présentant une croissance initiale lente (14 cm/an en moyenne), ce Pin à cinq feuilles est remarquable par sa rusticité en crête (survie supérieure à 80 %).
- *Pinus ponderosa* : la mauvaise survie de l'unique provenance qui représente l'espèce résulte de la mise en place de plants trop grands. Les survivants sont actuellement dans un état physiologique très satisfaisant et se révèlent très vigoureux : un placeau en site col dépasse 2,30 m de hauteur totale à 11 ans. *Pinus ponderosa* justifierait la mise en place de tests de provenances pour préciser le choix des sources de graines à utiliser. Toutefois, comme *Pinus contorta*, à basse altitude *Pinus ponderosa* est très sensible à *Rhyacionia buoliana*. Son utilisation en reboisement ne pourra se faire que si le faible taux d'attaque actuel de cette mineuse des bourgeons à cette altitude est confirmé.
- *Pinus strobiformis* : ce Pin à cinq feuilles originaire du Nouveau-Mexique présente une survie plutôt médiocre : 48 %. Toutefois, l'unique provenance a montré en site col une vigueur comparable à la moyenne des provenances de *Pinus monticola* : hauteur totale 2,40 m à 11 ans.

CONCLUSIONS

De nombreuses espèces, inadaptées, n'ont pas été mentionnées dans cet article. D'autres, faute de recul suffisant, ont volontairement été passées sous silence malgré la bonne survie de quelques placeaux : exemple, *Abies lasiocarpa*, *Abies magnifica*, *Tsuga mertensiana*.

Au total, un peu plus d'une décennie après les premières introductions dans l'arboretum Curie, quelques enseignements peuvent être déjà dégagés pour orienter le choix d'espèces à utiliser dans les reboisements d'altitude en Margeride. Avec la prudence qu'il convient d'adopter face à des résultats au stade juvénile, et compte tenu de l'échantillonnage de provenances souvent imparfait, on peut tenter de dresser une liste synthétique de ces espèces par zone d'utilisation moyennant un choix judicieux de provenances :

Site exposé	Site peu exposé	Site hydromorphe
<i>Picea abies</i> <i>Picea glauca</i> <i>Picea engelmanni</i> <i>Pinus contorta</i> <i>Pinus uncinata</i>	<i>Abies balsamea</i> <i>Abies concolor</i> <i>Abies procera</i> <i>Picea glauca</i> <i>Pinus contorta</i> <i>Pinus monticola</i> <i>Pseudotsuga menziesii</i> (ssp. <i>glauca</i>)	<i>Larix laricina</i> <i>Picea mariana</i> <i>Pinus contorta</i>

Certaines de ces espèces, peu ou mal connues, justifieraient d'être dès à présent testées à plus grande échelle.

Un prolongement scientifique des premiers résultats recueillis dans l'arboretum Curie pourrait être envisagé dans trois directions :

— tests de provenances de plusieurs espèces mal représentées au niveau intraspécifique dans l'arboretum et dont on entrevoit les potentialités : *Larix decidua*, *Larix eurolepis*, *Picea glauca*, *Picea sitchensis*, *Pinus monticola*, *Pinus ponderosa*, *Pinus strobiformis*, *Pinus sylvestris*, etc...

— études sur la qualité des différents produits obtenus ;

— suivi phytosanitaire des espèces performantes mais connues pour leur sensibilité aux maladies ou aux insectes à basse altitude : exemple, Rouille vésiculeuse sur les Pins à cinq feuilles, Mineuse des bourgeons sur *Pinus contorta* et *Pinus ponderosa*.

Un nouveau bilan de l'arboretum Curie devra être à nouveau tiré dans une dizaine d'années pour confirmer ces premiers enseignements et juger le comportement des lots les plus récemment introduits.

J.-Ch. BASTIEN, P. IMBERT, M. VALLANCE
Station d'Amélioration des Arbres forestiers
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
ARDON 45160 OLIVET

BIBLIOGRAPHIE

- BASTIEN (J.-Ch.). — Premiers enseignements des arboretums d'élimination d'espèces de Basse-Seine. — *Revue forestière française*, vol. XL, n° 2, 1988, pp. 108-116.
- FOWELLS (H.-A.). — *Silvics of forest trees of United States*. — Washington DC : USDA Forest Service, 1965. — 762 p.
- FRANC (A.). — Typologie forestière de Margeride lozérienne. — Riom : CEMAGREF - Groupement de Clermont-Ferrand, 1987. — 108 p. (Document interne CEMAGREF).
- GIOVANINI (J.-P.). — Variabilité intraspécifique de *Pinus contorta* : première synthèse sur les dispositifs français d'étude. — Ardon : INRA-Station d'Amélioration des Arbres forestiers, 1985. — 69 p. (Mémoire ENITEF, document interne).
- IMBERT (P.). — Choix des espèces de reboisement en Haute Margeride - Premier bilan de l'arboretum Curie. — Ardon : INRA-Station d'Amélioration des Arbres forestiers, 1988. — 116 p. (Rapport BTS, document interne).
- MULLENBACH (P.). — Reboisements d'altitude ; espèces et techniques. Compte rendu de recherches. — Saint-Martin-d'Hères : CEMAGREF - Groupement de Grenoble, 1985-1987. — 28 brochures.
- PESTOUR (J.-L.). — Choix des espèces de reboisement en région méditerranéenne ; premier bilan des arboretums d'élimination. — Nogent-sur-Vernisson : ENITEF, 1984. — 79 p. + 41 p. (Mémoire de 3^e année ENITEF).
- ROSETTE (C.). — Contribution à l'exploration de la variabilité intraspécifique du Douglas. — Ardon : INRA-Station d'Amélioration des Arbres forestiers, 1986. — 136 p. (Mémoire ENITEF, document interne).
- SOUTRENON (A.). — Sensibilité du Douglas bleu à la maladie provoquée par *Rhabdocline pseudotsugae*. — Saint-Martin-d'Hères : CEMAGREF - Groupement de Grenoble, 1986. — (Informations techniques n° 61-4).
- VAILLANT (M.). — Études écologiques pour la réalisation d'un arboretum au col des Trois-Sœurs. — Ardon : INRA-Station d'Amélioration des Arbres forestiers, 1973. — 10 p. (Document interne).

Annexe :

ESPÈCES PRÉSENTES DANS L'ARBORETUM CURIE AU PRINTEMPS 1988

Espèces	Nombre de lots	Espèces	Nombre de lots
<i>Abies alba</i>	5	<i>Picea abies</i>	9
<i>Abies balsamea</i>	23	<i>Picea engelmanni</i>	25
<i>Abies bornmulleriana</i>	2	<i>Picea glauca</i>	29
<i>Abies concolor</i>	8	<i>Picea glehnii</i>	4
<i>Abies firma</i>	1	<i>Picea mariana</i>	31
<i>Abies fraseri</i>	1	<i>Picea omorica</i>	2
<i>Abies koreana</i>	1	<i>Picea pungens</i>	8
<i>Abies lasiocarpa</i>	6	<i>Picea sitchensis</i>	3
<i>Abies magnifica</i>	3	<i>Pinus albicaulis</i>	1
<i>Abies procera</i>	1	<i>Pinus aristata</i>	2
<i>Abies sibirica</i>	1	<i>Pinus banksiana</i>	14
<i>Abies veitchii</i>	2	<i>Pinus cembra</i>	3
<i>Acer nigrum</i>	1	<i>Pinus contorta</i>	37
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2	<i>Pinus flexilis</i>	1
<i>Acer saccharinum</i>	3	<i>Pinus koraensis</i>	1
<i>Acer saccharum</i>	2	<i>Pinus leucodermis</i>	2
<i>Alnus cordata</i>	1	<i>Pinus monticola</i>	10
<i>Alnus incana</i>	1	<i>Pinus parviflora</i>	2
<i>Alnus viridis</i>	1	<i>Pinus peuce</i>	5
<i>Betula alleghaniensis</i>	4	<i>Pinus ponderosa</i>	1
<i>Betula ermanii</i>	2	<i>Pinus resinosa</i>	1
<i>Betula maximowicziana</i>	2	<i>Pinus sibirica</i>	1
<i>Betula papyrifera</i>	2	<i>Pinus strobiformis</i>	1
<i>Betula verrucosa</i>	2	<i>Pinus strobus</i>	7
<i>Cedrus atlantica</i>	1	<i>Pinus sylvestris</i>	4
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	1	<i>Pinus uncinata</i>	8
<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	1	<i>Populus trichocarpa</i>	1
<i>Chamaecyparis pisifera</i>	1	<i>Prunus serotina</i>	1
<i>Fraxinus chinensis</i>	1	<i>Quercus alba</i>	1
<i>Fraxinus excelsior</i>	2	<i>Quercus borealis</i>	1
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	2	<i>Quercus palustris</i>	3
<i>Juniperus scopulorum</i>	1	<i>Tsuga canadensis</i>	2
<i>Larix decidua</i>	5	<i>Tsuga mertensiana</i>	3
<i>Larix eurolepis</i>	2	<i>Ulmus americana</i>	1
<i>Larix laricina</i>	9		
<i>Larix occidentalis</i>	3		