

chronique internationale

ESSAI SUR L'ÉVOLUTION DE LA FORÊT DE CONIFÈRES DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTALE (MEXIQUE)

M. F. ROBERT

Class. Oxford 174.7 : 182.2 (72)

PREAMBULE*

Le Mexique dont le taux de boisement se situe autour de 20 %, possède quelque 38 millions d'ha de forêts. Les conifères y sont représentés par dix genres : *Pinus*, *Abies*, *Cupressus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Juniperus*, *Taxodium*, *Libocedrus*, *Taxus* et *Podocarpus*. Le genre *Pinus* est de loin le plus important tant par la superficie qu'il occupe que par son intérêt économique, puis viennent *Picea*, *Pseudotsuga*, *Abies* et *Cupressus*.

Actuellement, quarante-deux espèces de pins sont connues au Mexique. Citons *Pinus arizonica*, *Pinus chihuahuana*, *Pinus cooperi*, *Pinus engelmannii*, *Pinus cembroides* dans le nord du Mexique ; *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus oocarpa* et *Pinus patula* dans le centre et le sud du Mexique. Ils se rencontrent à des altitudes variant de 400 m (*Pinus oocarpa*) à 4 000 m (*Pinus hartwegii*). Les conditions climatiques dans lesquelles ils se développent sont très variables. Ainsi *Pinus cembroides* croît dans des zones où les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 400 mm. Par contre *Pinus strobus* var. *chiapensis* vit dans des régions où les précipitations moyennes annuelles dépassent 2 000 mm.

Certaines espèces de pins atteignent 50 m de haut et 1,50 m de diamètre. Les bois de meilleure qualité sont ceux de *Pinus ayacahuite*, *Pinus patula*, *Pinus strobus*, *Pinus cooperi*, *Pinus durangensis* et *Pinus engelmannii*. De nombreuses espèces dont *Pinus teocote*, *Pinus oocarpa* et *Pinus montezumae* fournissent de grande quantité de résine. Les graines de *Pinus cembroides* sont comestibles et font l'objet d'un marché. *Pinus cembroides* est une espèce très proche de *Pinus edulis* qui couvre de grandes étendues dans le sud et le sud-ouest des États-Unis. Enfin certaines espèces ont un port ornemental et sont cultivées dans les parcs et les jardins tels *Pinus lumholtzii*, *Pinus patula* et *Pinus maximartinezii*.

(*) Les données concernant la sylviculture sont extraites d'un texte inédit de X. Madrigal Sanchez, botaniste à l'Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México. Ce texte a été écrit en mars 1977 et nous remercions son auteur de nous avoir permis de le traduire et de le reproduire partiellement.

Les forêts de conifères sont localisées sur les grands massifs montagneux : Sierra Madre orientale, Sierra Madre occidentale, axe néo-volcanique, Sierra Madre du sud et montagnes de la Basse-Californie.

Les forêts souvent mélangées de conifères et de feuillus (chênes surtout) de la Sierra Madre occidentale couvrent environ 10 millions d'hectares ; en 1975 elles ont fourni 44,7 % de la production totale de bois du Mexique (celle-ci s'élevait à 6,9 millions de m³). Dans les forêts de pins peu perturbées le cube sur pied varie de 150 à 250 m³ ha. Si la proportion d'espèces de peu de valeur augmente, ce cube peut descendre au-dessous de 100 m³ ha. Le mode d'exploitation de ces forêts est la méthode extensive de haute montagne ; les arbres abattus ont de préférence un diamètre supérieur ou égal à 45 cm. Par ailleurs les arbres morts, mal conformés ou victimes de maladie sont éliminés et utilisés dans l'industrie de la cellulose. La régénération naturelle est bonne mais il faut protéger les zones boisées contre les incendies et le bétail. Les arbres produisent des graines à des âges variables, fréquemment entre 15 et 20 ans. Les jeunes pousses de 5 à 10 ans sont souvent victimes de *Dendroctonus* spp. en particulier dans les zones de transition climatique comme celle concernée par l'article qui suit.

BIBLIOGRAPHIE

- MADRIGAL SANCHEZ (X.). — Algunos aspectos ecológicos de los bosques de Coníferas mexicanas. — *México y sus bosques*, vol. 3, n° 16, 1967, pp 11-16, México.
- FLORÉS MATA (G.) et all. — Tipos de vegetación de la República mexicana (mapa y descripción). — México, 1971.
- MARTINEZ (M.). — Los pinos mexicanos. — México, Éd. Botas, 1948.
- MARTINEZ (M.). — Las plantas utiles de la flora mexicana. — 1959.

(Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie).

Orientée nord-ouest-sud-est la Sierra Madre occidentale est constituée de grands affleurements de roches volcaniques, rhyolite et andésite du tertiaire. Son altitude moyenne dans le nord-ouest de l'état de Chihuahua est de 2 300 m. A l'est s'étend le Plateau central d'une altitude moyenne de 1 500 m ; c'est une région de petites montagnes volcaniques séparées par des bassins sédimentaires.

La majeure partie de la Sierra Madre occidentale est occupée par des forêts de conifères. Les pins y sont très abondants, citons *Pinus arizonica* Engelm, *Pinus chihuahuana* Engelm, *Pinus durangensis* Mart., *Pinus engelmannii* Carr. [1]. Des forêts de *Pinus cembroides* Zucc. se développent au contact du Plateau central.

Le présent article essaie de préciser les divers types de forêts de pins et leur évolution actuelle dans une zone de transition.

ZONE ÉTUDIÉE

Elle se situe au contact du Plateau central et de la Sierra Madre Occidentale, dans le nord-ouest de l'état de Chihuahua; elle appartient aux municipios de San Buenaventura d'une part, d'Ignacio Zaragoza d'autre part (carte n° 1).

D'une altitude moyenne de 1 500 m, la plaine de San Buenaventura qui se poursuit au nord vers Nuevo Casas Grandes est dominée à l'ouest par une barre rocheuse qui représente le front de la Sierra Madre Occidentale. Le climat y est de type BS_o k w' (e') (*) selon KÖPPEN modifié par E. GARCIA [2]. La température moyenne annuelle y est de 17 °C et les précipitations moyennes annuelles ne dépassent pas 380 mm [2].

Situé au sud-ouest de San Buenaventura, au-delà de la barre rocheuse, le municipio d'Ignacio Zaragoza a une altitude moyenne de 2 300 m. Il est situé dans la zone de transition entre le climat plus sec B S_o de la plaine de San Buenaventura et le climat « tempéré » de type Cw (*) de la Sierra Madre occidentale.

Les hivers y sont froids, les gelées commencent parfois au milieu du mois de septembre et peuvent se prolonger jusqu'en avril. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 450 mm [3]. De longues périodes sèches peuvent survenir comme ce fut le cas en 1973-1974. Les « ejidos » (**) de Tres Ojitos, Guadalupe et I. Zaragoza ont été fondés en 1935; auparavant il y avait une hacienda plus au sud à Santa Ana de Babicora. Le défrichement de la vallée de I. Zaragoza est récent; les paysans y cultivent du maïs, du blé, des haricots et ont introduit les pommiers. Dans la vallée cultivée subsistent encore quelques pins isolés, seuls témoins de la forêt qui occupait les lieux il y a cinquante ans. Il n'y a pas de prairie naturelle, le bétail pâture librement dans les forêts, certaines zones sont débarrassées de leurs grands arbres à cette fin.

VÉGÉTATION

Une coupe schématique est-ouest de San-Buenaventura à I. Zaragoza (carte n° 1 et coupe n° 1) indique les principales formations végétales rencontrées. Ce sont :

- a. la prairie.
- b. la formation basse de *Quercus emoryi*
- c. la forêt peu haute de *Pinus cembroides* à *Quercus* sp. pl. et *Juniperus* sp. pl.
- d. une frange écotone large d'environ 20 km
- e. les cultures
- f. la forêt mésophile de *Pinus* sp. pl. à *Quercus* sp. pl.
- g. des formations ouvertes de *Pinus cembroides*
- h. une formation basse de génévriers.

Les conditions stationnelles des relevés correspondants sont inscrites dans le tableau n° 1. Les observations concernant la composition de la strate arborée et l'âge moyen des arbres y figurent aussi.

(*) Climat BS : climat sec tel que $P < T + 14$ (P : précipitation moyenne annuelle exprimée en cm; T : température moyenne exprimée en °C);

Le climat BS_o est tel que $\frac{P}{T} < 22,9$.

A l'intérieur de ce type les lettres minuscules indiquent le régime des pluies ou les températures extrêmes [2].

(*) Climat Cw : tempéré avec pluies en été.

(**) « ejido » : communauté agraire d'exploitation individuelle ou collective [4].

Tableau n° 1

Conditions stationnelles et état de la strate arborée

| 1 N° des relevés . . . | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|--|---|---|
| 2 Lieu | Municipio San Buenaventura | Cuesta las Emas, San Buenaventura | Municipio I. Zaragoza | Los Puentes, Guadalupe I. Zaragoza | Arroyo Seco, Guadalupe |
| 3 Altitude | 1 850 m | 2 170 m | 2 400 m | 2 270 m | 2 250 m |
| 4 Exposition | N.-E. | E. | W. | N. | S.-W. |
| 5 Pente | 16-24 % | 36-48 % | | | |
| Surface couverte par : | | | | | |
| 6 roche dure et blocs | 40 % | 30 % | 5 % | 10 % | 5 % |
| 7 pierrailles | 5 % | 15 % | 20 % | 20 % | 25 % |
| 8 terre fine | 20 % | 10 % | 40 % | 10 % | 35 % |
| 9 végétation | 30 % | 40 % | 32 % | 30 % | 30 % |
| 10 litière | 5 % | 5 % | 3 % | 30 % | 5 % |
| 11 Type de formation (*) | complexe : herbacées et ligneux bas, très claire | ligneuse peu haute | ligneuse peu haute | ligneuse haute, claire | ligneuse haute, claire |
| 12 Composition de la strate arborée . . . | 95 % <i>Quercus emoryi</i> hauts de 2 à 4 m 54 % <i>Juniperus flaccida</i> | 80 % <i>Pinus cembroides</i> hauts de 5-6 m 15 % <i>Quercus rugosa</i> et <i>Quercus grisea</i> 5 % <i>Juniperus flaccida</i> | 90 % <i>Pinus cembroides</i> 5 % <i>Juniperus flaccida</i> 5 % <i>Quercus rugosa</i> | 25 % <i>Pinus engelmannii</i> hauts de 15-20 m 25 % <i>Quercus rugosa</i> hauts de 4 m 20 % <i>Juniperus deppeana</i> 15 % <i>Q. hypoleucoides</i> de 6 à 8 m de haut 5 % <i>Pinus cembroides</i> | 55 % <i>Pinus cembroides</i> hauts de 8 m 30 % <i>Quercus grisea</i> 10 % <i>Juniperus deppeana</i> 5 % <i>Pinus chihuahuana</i> hauts de 15 m |
| 13 Indications sur l'âge et la hauteur des arbres | | | Parmi les pins 10 % ont un diamètre de 40-50 cm soit un âge moyen de 250 ans. | Nombreux jeunes <i>Pinus engelmannii</i> hauts de 20 à 50 cm. | Pas de régénération de <i>Pinus chihuahuana</i> ; <i>Pinus cembroides</i> est coupé. |

410

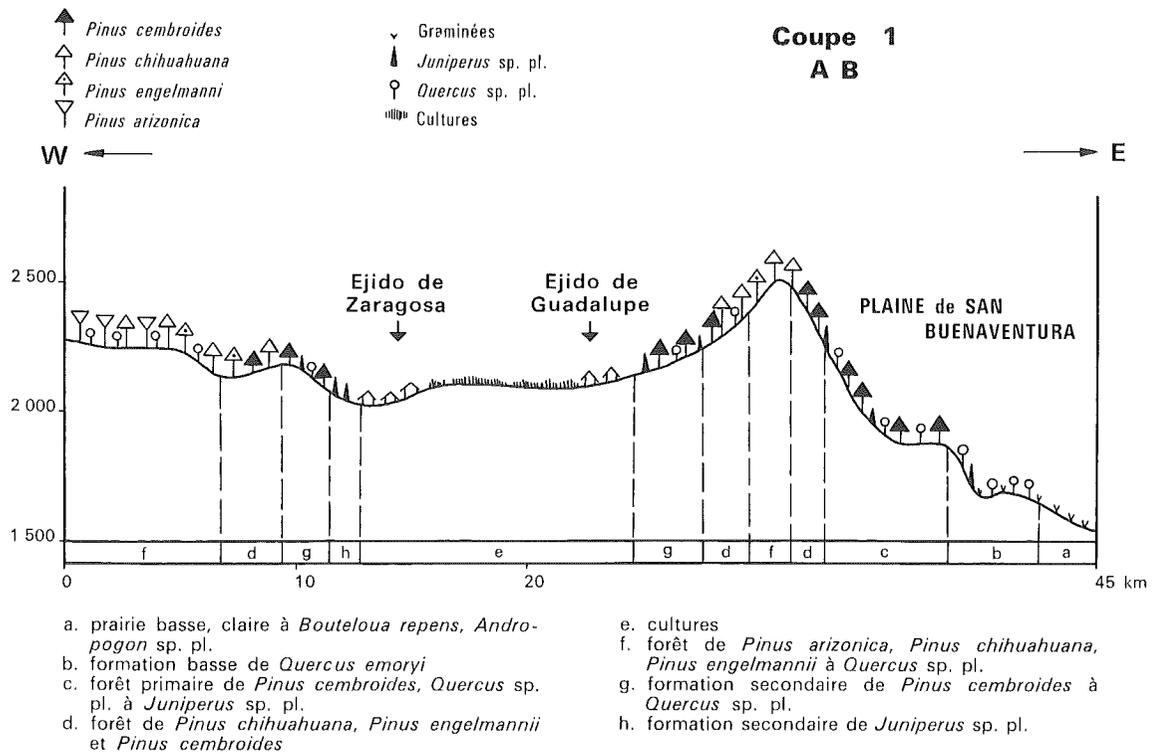
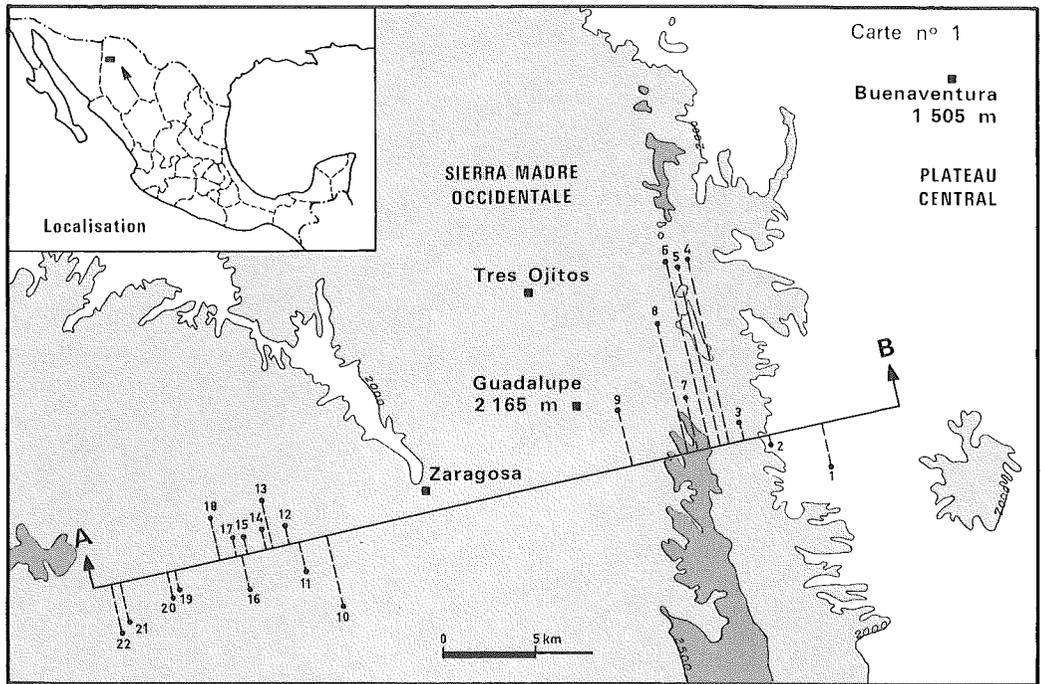
M.F. ROBERT

(*) Les types de formation utilisés sont décrits dans le Relevé méthodique de la végétation [5].

| 1 N° des relevés . . . | 11 | 14 | 17 | 19 | 22 |
|---|--|---|--|--|---|
| 2 Lieu | La Casita I. Zaragoza | La Mesa del Porvenir I. Zaragoza | Cerro de la Mojonera I. Zaragoza | Leon, I. Zaragoza | Cocono, I. Zaragoza |
| 3 Altitude | 2 100 m | 2 250 m | 2 300 m | 2 270 m | 2 250 m |
| 4 Exposition | S.-E. | aucune | N. | aucune | N.-W. |
| 5 Pente | 9-15 % | 0-0,9 % | 9-15 % | 0-0,9 % | 36-48 % |
| Surface couverte par : | | | | | |
| 6 roche dure et blocs | 20 % | 25 % | 10 % | 35 % | 35 % |
| 7 pierrailles | 20 % | 20 % | 10 % | 5 % | 10 % |
| 8 terre fine | 20 % | 10 % | 5 % | 15 % | 15 % |
| 9 végétation | 30 % | 40 % | 30 % | 35 % | 35 % |
| 10 litière | 5 % | 15 % | 45 % | 10 % | 15 % |
| 11 Type de formation (*) | ligneuse peu haute, claire | ligneuse haute, dense | ligneuse haute assez claire | ligneuse peu haute, claire | ligneuse peu haute, claire |
| 12 Composition de la strate arborée | 30 % <i>Pinus cembroides</i> hauts de 4 m 20 % <i>Arctostaphylos pungens</i> hauts de 4 m 20 % <i>Quercus incarnata</i> 15 % <i>Juniperus deppeana</i> 10 % <i>Pinus chihuahuana</i> 5 % <i>Pinus engelmannii</i> | 70 % <i>Pinus engelmannii</i> 5 % <i>Pinus chihuahuana</i> 12 % <i>Q. hypoleucoides</i> 8 % <i>Quercus incarnata</i> 5 % <i>Juniperus deppeana</i> | 70 % <i>Pinus arizonica</i> var. <i>stormiae</i> 5 % <i>Pinus chihuahuana</i> 25 % <i>Quercus crasifolia</i> | 35 % <i>Juniperus deppeana</i> 4 m de haut 5 % <i>Juniperus deppeana</i> hauts de 10 à 15 m 25 % <i>Q. grisea</i> 20 % <i>Pinus engelmannii</i> hauts de 20-25 m 10 % <i>Pinus cembroides</i> de 8 à 12 m de haut 5 % <i>Q. hypoleucoides</i> | 50 % <i>Quercus grisea</i> 45 % <i>Juniperus deppeana</i> hauts de 4 m 5 % <i>Pinus engelmannii</i> de 25 m de haut |
| 13 Indications sur l'âge et la hauteur des arbres | La population de pins est constituée d'individus jeunes. | Les pins ne dépassent pas 12 m de haut; de nombreuses plantules et des plants de 20 cm à 1 m de haut sont observables. Quelques plantules de <i>Pinus cembroides</i> . | Les pins se régénèrent : nombreuses plantules et individus dont les diamètres s'échelonnent entre 5 et 25 cm. | Age moyen des pins : <i>Pinus engelmannii</i> 120-150 ans (**) <i>Pinus cembroides</i> 250-300 ans (*). | Les plantules de <i>Pinus cembroides</i> sont plus nombreuses que celles de <i>Pinus engelmannii</i> . |

(*) Age déterminé en comptant les anneaux de croissance sur des carottes prélevées à la tarière de Pressler.

(**) Déterminé en comptant les anneaux de croissance sur des troncs coupés.



Reprenons plus en détail chacune des formations citées.

- a. la prairie : entre 1 500 et 1 750 m d'altitude, le sol est recouvert d'une prairie basse à *Bouteloua repens* (H.B.K.) Scribn. et Merr., *Andropogon* sp. pl., *Aristida* sp. et *Sporobolus* sp. localement supplantée par des îlots de *Fouquieria splendens* Engelm., d'*Opuntia intricata* (Haw) DC. ou de *Prosopis juliflora* DC.

- b. Vers 1 650 m, les premiers chênes — *Quercus emoryi* — y apparaissent d'abord isolés, ils constituent peu à peu une formation basse de chênes (relevé 1) dans laquelle les graminées sont très abondantes. Les premiers individus de *Pinus cembroides* s'y rencontrent dès 1 850 m.

- c. Vers 2 150 m, on se trouve en présence de la forêt peu haute de *Pinus cembroides* à *Quercus grisea* Liebm. et *Quercus rugosa* Née (relevé 2) avec ou sans genévriers ; parmi ces derniers *Juniperus deppeana* Steud. et *Juniperus flaccida* Schlecht sont fréquents. Cette forêt atteint 2 500 m sur les versants sud et sud-ouest, 2 300 m sur les versants nord et nord-est. Au-dessus, elle laisse la place à la forêt mésophile de *Pinus engelmannii* et *Pinus chihuahuana* (cf. coupe 1). Elle franchit la barre rocheuse au niveau des gorges étroites creusées par l'érosion.

- d. A l'est de Guadalupe, vers 2 300 m la forêt de *Pinus cembroides* passe insensiblement à une forêt de *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii*, *Pinus cembroides* où *Quercus grisea* et *Quercus hypoleucoides* A. Camus sont plus ou moins abondants. Cette formation où se mélangent les pins à écologie sèche et les pins mésophiles est désignée sous le nom de frange écotone. Celle-ci se rencontre en lambeaux discontinus de part et d'autre des cultures (e, coupe 1) à l'est de Guadalupe (relevé 8) et à l'ouest de l. Zaragoza. Par place, elle est remplacée par des formations très ouvertes de *Pinus cembroides* et de chênes (relevés 6, 11) ou par une formation basse de genévriers (h, coupe 1). Cette dernière est localisée sur des replats et des pentes couverts de cailloux et de sol peu épais proches du village. Les genévriers dont l'homme et le bétail propagent les graines (les fruits sont comestibles après les gelées) envahissent ces espaces ouverts et érodés. Certains sont déjà observables sur les photographies aériennes de 1960, d'autres ont moins de dix ans mais tous sont ramifiés et ont un grand recouvrement basal. Il faut rappeler que les genévriers ont été et sont encore très utilisés, en particulier pour faire des piquets de clôture.

En traversant cette formation de genévriers, on pénètre ensuite dans la frange écotone qui plus à l'ouest passe insensiblement à la forêt mésophile.

- e. La forêt mésophile primaire à *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii*, *Pinus arizonica* var. *stormiae* Mart., *Pinus ayacahuite* Ehrenberg à *Quercus crassifolia* Humb. et Bonpl. ou *Quercus hypoleucoides* (relevés 14, 17). Elle a été localement coupée, très souvent elle se régénère ; parfois *Quercus* sp. pl. et *Juniperus* sp. pl. y sont dominants (relevé 19). En certains lieux *Pinus cembroides* colonise la forêt mésophile (relevé 22).

La forêt mésophile se rencontre aussi à l'est de Guadalupe sur des versants exposés au nord et nord-est au-dessus de 2 300 m (relevé 7).

HYPOTHÈSE

Au contact de la Sierra Madre occidentale et du Plateau central s'observent des passages progressifs entre la prairie et la forêt primaire de *Pinus cembroides* à *Quercus* sp. pl. Le front de la Sierra Madre occidentale représente la limite d'extension de *Pinus chihuahuana* et de *Pinus engelmannii* qui s'y réfugient au-dessus de 2 300 m sur les versants les moins ensoleillés. Mais ces espèces sont là dans une situation où leur équilibre biologique est fragile comme le montrent les effets de la sécheresse de 1973-1974. La plus grande partie de ces forêts mésophiles d'altitude a séché au cours de l'été 1974, victime de l'attaque des insectes Scolytidae.

◀ Contact de la frange écotone (noter à gauche les troncs élancés de *Pinus chilhuahuana*) et de la forêt xéro-ophile de *Pinus cembroides*

En bas à gauche : *Pinus engelmannii* dans la frange écotone. *Quercus hypoleucoides* est localement important.

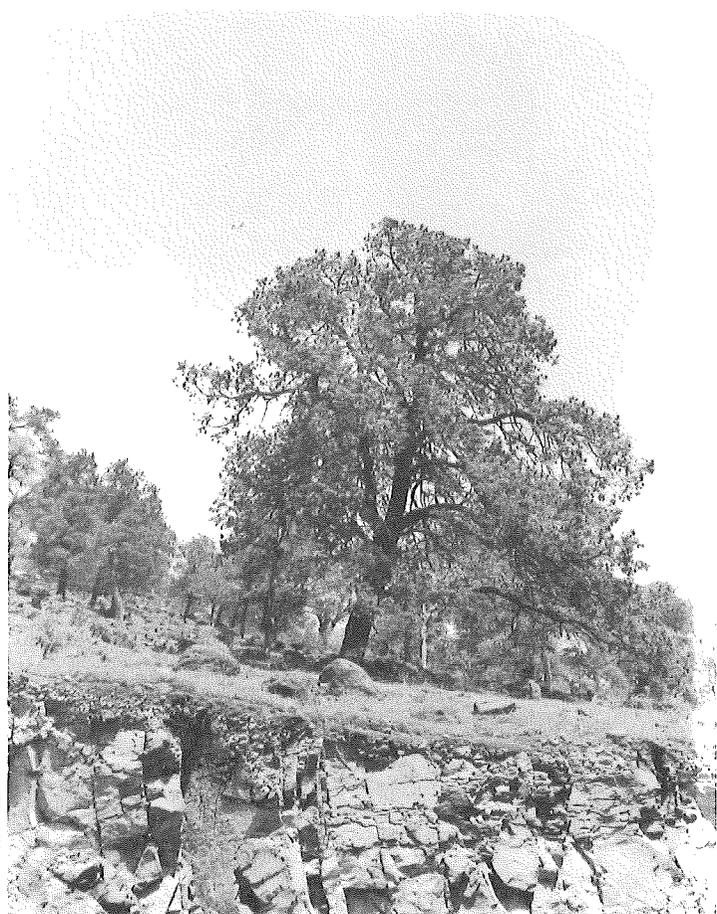
Pinus cembroides sur sol lithique, parcelle mise en défens pour le bétail à l'intérieur de la frange écotone. ▼

Photo ROBERT



o PASSINI

Photo PASSINI

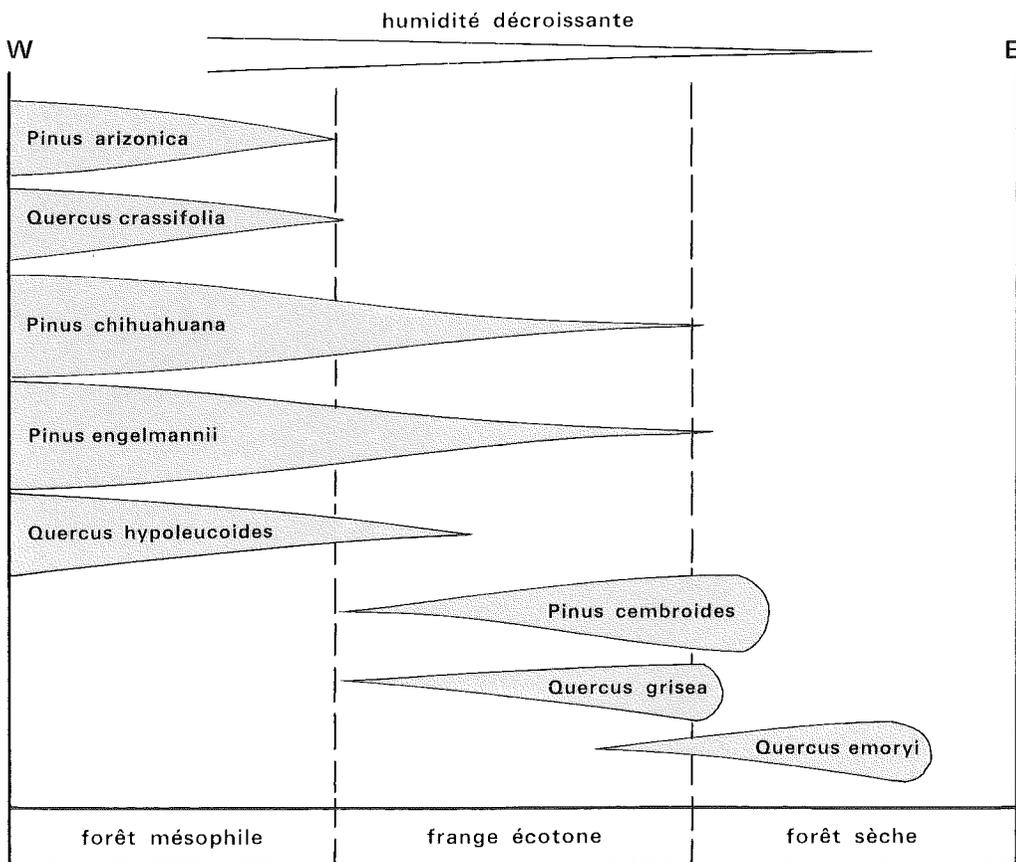


Pinus cembroides s'étend plus à l'ouest dans la Sierra Madre Occidentale. La forêt mésophile de *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii* à *Quercus* sp. pl. et *Juniperus* sp. pl. et la forêt à tendance sèche de *Pinus cembroides* s'imbriquent dans la frange écotone où les limites des deux formations s'enchevêtrent et perdent de leur netteté. L'activité humaine provoque dans cette frange des changements plus profonds que dans le cœur des formations voisines. Les cultures se sont effectuées surtout à ses dépens et ont entraîné une légère aridification du climat. C'est du moins ce que semble indiquer d'une part le fait que *Pinus engelmannii* et *Pinus chihuahuana* de la frange écotone ont été victimes en 1974 de l'attaque massive des Scolytidae (*Pityophthorus* sp. puis *Ips lecontei* et *Dendroctonus* sp.) (*), d'autre part que *Pinus engelmannii* et *Pinus chihuahuana* ne se régénèrent pas ou peu sur les replats. La présence de *Pinus cembroides* âgé de 250 à 300 ans dans des formations secondaires ouvertes (relevé 6) ou dans la formation écotone bien conservée (relevé 19) indique que cette essence faisait partie de la strate arborée de la forêt défrichée.

L'hypothèse formulée est la suivante : dans la végétation primaire — avant l'intervention intensive de l'homme — les espèces arborées n'avaient pas une limite nette, elles s'imbriquaient au niveau de ce qui a été décrit comme la frange écotone. Dans la zone étudiée cette imbrication est schématisée sur la figure 1.

(*) Identifiés au Laboratoire d'entomologie de l'Instituto nacional de investigaciones forestales à Mexico par le biologiste Federico Islas Salas.

Figure 1 — Schéma de la disposition imbriquée des principales espèces arborées



L'exploitation de la forêt par l'homme, le surpâturage, les épidémies (comme celle de 1974) tendent à faire disparaître la frange de contact entre la forêt mésophile et la forêt sèche. *Pinus cembroides*, *Quercus emoryi*, *Quercus grisea* envahissent peu à peu les forêts mésophiles et leur aire s'étend vers l'ouest. Il serait très intéressant pour connaître la dynamique de ces forêts de suivre l'évolution de cette zone dans les années à venir.

CONCLUSION

Située à la limite de deux régions climatiques, la zone étudiée a un équilibre fragile. Elle était occupée essentiellement par une frange écotone où se côtoyaient les espèces de milieu sec et les espèces mésophiles. Le déboisement pour la culture et l'élevage a déplacé l'équilibre mésoclimatique vers une plus grande sécheresse, ce qui semble favoriser *Pinus cembroides* et restreindre lentement l'aire de la forêt mésophile.

Cette étude a été faite dans le cadre des échanges CNRS-CONACYT : que ces organismes soient remerciés pour leur aide financière ainsi que toutes les personnes de l'Instituto Nacional de Investigaciones forestales de México et plus particulièrement son directeur, Ing. F. MARTINEZ M. qui m'a prêté un véhicule. X. MADRIGAL SANCHEZ, botaniste de l'I.N.F. a déterminé les pins et m'a permis d'utiliser partiellement un texte inédit pour la rédaction du préambule : qu'il accepte l'expression de ma profonde gratitude.

Marie-Françoise ROBERT
Assistante Paris IV
LABORATOIRE DE BOTANIQUE TROPICALE
1, rue Guy de la Brosse
75005 PARIS

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Inventario forestal del estado de Chihuahua. — Publ. n° 19, S.A.G. México.
- [2] GARCIA (E.). — Modificaciones al sistema de clasificación climática de KOPPEN (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). — U.N.A.M., México 2° édition, 1973, 246 p.
- [3] GARCIA (E.). — Cartas de climas 1/50 000, publicados por la CETENAL, México (feuille 13 R-III), 1971.
- [4] MAURO (F.). — Le Mexique en vingt ans : stratégie et développement. — *Tiers-monde*, tome IV, n° 15, 1963, pp. 361-386.
- [5] GODRON (M.) et al. — Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. — C.N.R.S., Paris, 1968.

Resumen

En el contacto de la Sierra Madre Occidental y el Altiplano mexicano, en el noroeste del estado de Chihuahua, se puede observar una franja ecotonal del bosque mesófilo de *Pinus arizonica*, *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii* y *Quercus hypoleucoides* con el bosque xerofítico de *Pinus cembroides* y *Quercus grisea*. La deforestación amenaza esta franja y ha modificado su composición.