

Un exemple de forêt tropicale sèche du Mexique : la forêt de *Pinus cembroides* Zucc. (*)

par Marie-Françoise PASSINI

Laboratoire de Botanique tropicale
Université de Paris VI, 12 rue Cuvier, 75005 Paris, France

Résumé.- Les différentes formations à *Pinus cembroides* du Mexique sont passées en revue et leur répartition est mise en rapport avec les données climatiques.

Summary.- Mexican plant communities with *Pinus cembroides* are reviewed and their occurrence is related to climatic conditions.

*
* *

Situé dans l'hémisphère nord, entre le 15° et le 32° de latitude nord, à la latitude de la Mauritanie, le Mexique s'allonge entre l'Océan Pacifique et l'Océan Atlantique. Son relief, très accidenté, lui impose ses grandes divisions. A l'est, la Sierra Madre Orientale, sédimentaire, s'étend en barrière continue sur 250 km, atteignant 3 600 mètres d'altitude au Cerro Potosi. A l'ouest, la Sierra Madre Occidentale, très différente, faite de roches volcaniques et longue de 1 200 km, culmine à 3 000 mètres d'altitude. Entre ces deux sierra, le plateau central, volcanique dans sa partie nord-ouest, sédimentaire dans sa partie sud-est, prolonge les grandes plaines des Etats-Unis et s'élève lentement du nord vers le sud, de 1 500 à 2 200 mètres en moyenne. L'axe néo-volcanique, de direction est-ouest, le traverse et culmine à 5 800 mètres au Pic de l'Orizaba. Au sud de cet axe, la Sierra Madre Orientale se prolonge à l'est, tandis qu'à l'ouest s'élève la Sierra Madre du Sud et la Sierra des Chiapas.

Trois facteurs, latitude, proximité de deux grandes étendues marines et relief, déterminent un milieu naturel varié et très contrasté. La distribution des principales formations végétales peut, cependant, être brossée à grands traits.

Les plaines côtières sont occupées par des forêts tropicales à feuilles persistantes sur le versant atlantique, par des forêts tropicales à feuilles caduques sur le versant pacifique.

Des forêts de conifères et de chênes couvrent les Sierra et l'axe néo-volcanique (Photo 1).

Enfin, le plateau central porte soit des prairies, soit des formations ligneuses basses appelées *matorral* (Photo 2).

(*) Conférence présentée le 19 février 1982 ; manuscrit accepté le 6 janvier 1983.

Les conifères constituent une grande partie des forêts du Mexique et, parmi eux, le genre *Pinus* est de loin le plus important tant par la superficie qu'il occupe que par son intérêt économique. *Pinus cembroides* Zucc. ⁽¹⁾, pin américain de la sous-section *Cembroides* Engelm., à graines aptères comestibles, a retenu notre attention. La répartition, le bioclimat, la composition floristique des formations ⁽²⁾ à *Pinus cembroides* s.l. seront l'objet de cet exposé.

I.- RÉPARTITION DES FORMATIONS DE *PINUS CEMBROIDES*

Les formations à *Pinus cembroides* se rencontrent en bordure des zones arides (Miranda, 1965) ou sur les massifs montagneux isolés, à l'intérieur de celles-ci. Elles ne sont cependant connues, ni en bordure des zones arides de Guerrero et de Tepehuanes, ni à la limite de la zone yucatèque.

À l'ouest du plateau central, les formations à *Pinus cembroides* constituent une frange à peu près continue, de Nuevo Casas Grandes au sud de l'Etat de Durango, frange qui s'étend dans l'Etat de Zacatecas et s'incurve vers l'est en se fragmentant (Fig. 1). La limite orientale de cette frange, très irrégulière, s'imbrique dans des formations basses de chênes (Lesueur, 1945), des prairies (Hernandez, 1959) ou des cultures. Par contre, la limite occidentale est plus régulière : elle suit la courbure principale qui affecte le massif éruptif de la Sierra Madre Occidentale. À son niveau, les formations à *Pinus cembroides* sont en contact avec les forêts de *Pinus* sp. pl. (*Pinus arizonica*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus engelmannii*, *Pinus chichuahuaana*, *Pinus durangensis* var. *quinquefolia*). L'interface entre la forêt de *Pinus* sp. pl. et celle de *Pinus cembroides*, observable en certains lieux a fait l'objet de descriptions détaillées (Robert, 1977). Rappelons qu'elle se traduit par la présence de *Pinus cembroides*, en petit nombre, dans la forêt de *Pinus* sp. pl. d'une part, de quelques *Pinus* sp. pl. autres que *Pinus cembroides* dans la formation où celui-ci domine, d'autre part. L'action de l'homme a modifié profondément cette interface. Dès le XVI^e siècle, la pression humaine s'est exercée au voisinage des villes minières (Zacatecas, Hidalgo del Parral, Santiago Papasquiaro : Bakewell, 1971). Elle a atteint l'intérieur de la Sierra Madre Occidentale à la fin du XIX^e siècle, lors de la construction de la voie ferrée Topolobambo-La Junta, et elle s'intensifie actuellement.

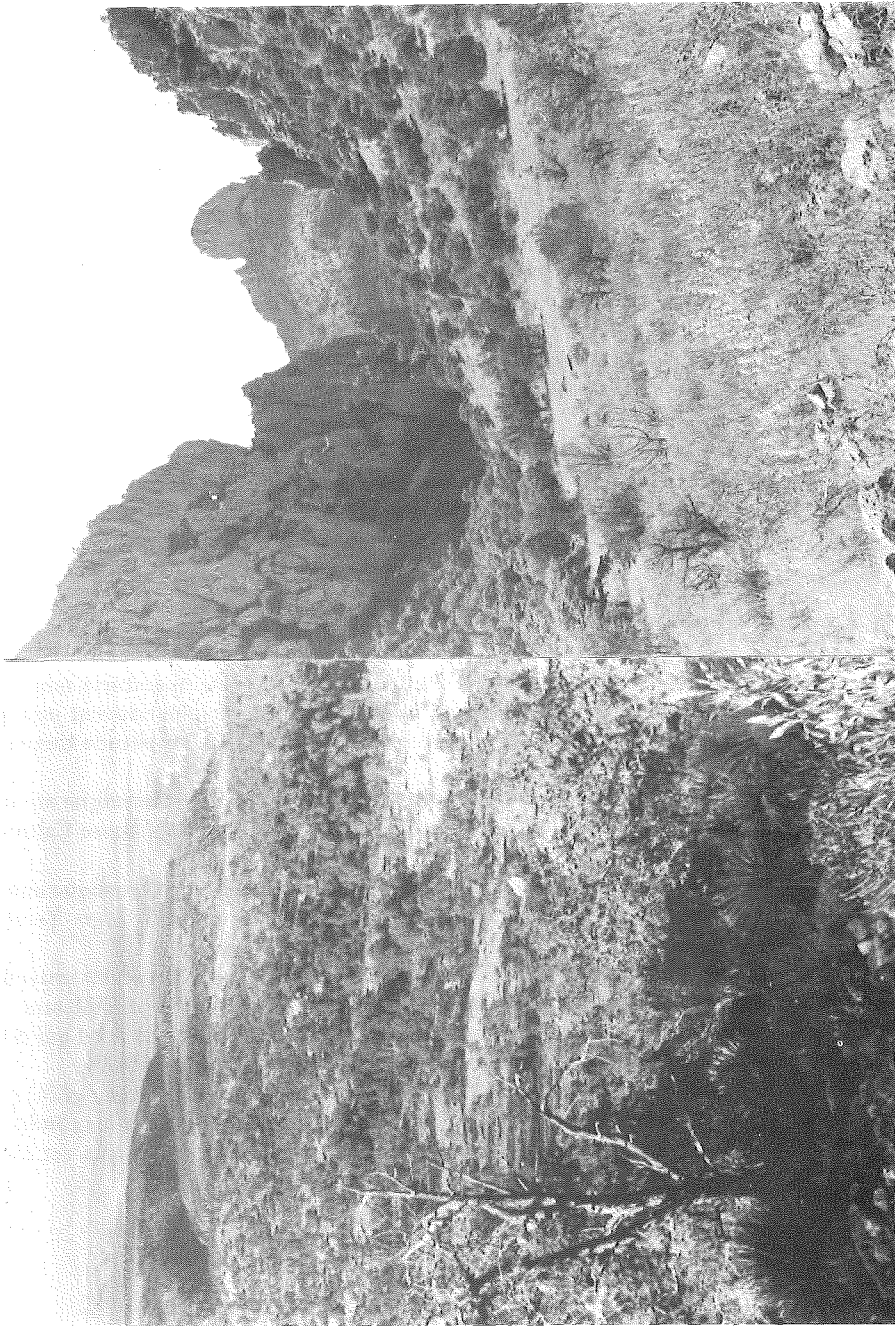
Dans le nord de l'Etat de Coahuila, les formations à *Pinus cembroides* se rencontrent sur les massifs montagneux isolés (Sierra Santa Fe del Pino, Sierra Madera del Carmen, etc.). Elles sont abondantes dans l'arc montagneux de Monterrey, puis s'effilochent le long des plis de la Sierra Madre Orientale, formant un noyau important près de Galeana

(1) *Pinus cembroides* Zucc. est, ici, pris dans son sens le plus large et comprend, en particulier, des espèces que l'étude phytogéographique et écologique de ces forêts m'a conduite à décrire (Robert, 1978 et Robert-Passini, 1981). Sous ce vocable sont regroupés : *Pinus catarinae* M.F. Rob.-Pass., *Pinus cembroides* Zucc. var. *cembroides*, *Pinus cembroides* var. *lagunae* M.F. Rob.-Pass., *Pinus discolor* Bailey et Hawksworth et *Pinus johannis* M.F. Rob.

(2) Les populations de *Pinus cembroides* n'atteignant par toutes 5 m de haut, le terme de formation sera utilisé de préférence à celui de forêt.

Phot. 1 et 2.- 1 (à gauche) limite inférieure de la formation basse à *Pinus cembroides* : contact avec la prairie à chênes (*Quercus emoryi* et *Quercus grisea*), 1 900 m, route de San Buenaventura à I. Zaragoza (Chihuahua), août 1974.

2 (à droite) formation basse à *Pinus cembroides*, *Quercus potosina*, *Dasyllirion* sp., *Dodonaea viscosa*, 2 200 m, Sierra de San Miguelito (San Luis Potosi), juillet 1971.



(Nuevo Leon). La pression humaine a été plus intense ici que dans la Sierra Madre Occidentale, entraînant souvent la disparition des limites supérieures et inférieures des forêts de *Pinus cembroides*.

La limite altitudinale inférieure des formations à *Pinus cembroides* est de 1 100 m, au Mexique ; elle est atteinte par *Pinus catarinae* au lieu où ce taxon a été décrit (Robert-Passini, 1981). *Pinus cembroides* Zucc. s. str. ne descend pas en dessous de 1 400 m.

La limite altitudinale supérieure est de 2 900 m, altitude à laquelle se développe *Pinus johannis* (Robert, 1978).

Ces limites, variables du nord au sud de l'aire de *Pinus cembroides*, montrent plus de constance dans la Sierra Madre Occidentale : 1 800 - 1 900 m pour la limite inférieure et 1 300 - 2 500 pour la limite supérieure.

Sur toute l'étendue de leur aire, les formations à *Pinus cembroides* prennent place dans une succession altitudinale unique entre un :

- niveau inférieur : formation basse de *Quercus* sp. ou de *Juniperus* sp. et un
- niveau supérieur : formation ligneuse haute de *Pinus* sp. pl. autres que *Pinus cembroides*.

A ce schéma, deux exceptions :

- la formation à *Pinus cembroides* est parfois en contact, à sa partie inférieure, avec la formation xérophytique à *Yucca*, *Dasyllirion*, etc.
- la formation ligneuse haute de *Pinus* sp. pl. est parfois absente.

II.- BIOCLIMAT DES FORMATIONS DE *PINUS CEMBROIDES*

Les formations à *Pinus cembroides* sont soumises à des températures moyennes annuelles comprises entre 12 et 18°C, le mois le plus chaud étant le plus souvent juin, parfois mai ou juillet, le mois le plus froid soit décembre, soit janvier. L'amplitude thermique annuelle permet de distinguer :

- des formations à *Pinus cembroides* soumises à une amplitude thermique annuelle supérieure à 10°C (Etats de Coahuila, Chihuahua, Durango (Photo 3), Basse Californie sud), et

- des formations à *Pinus cembroides* soumises à une amplitude thermique annuelle inférieure à 10°C (Etats de San Luis Potosi, Guanajuato, Queretaro, Hidalgo, Veracruz et Puebla).

Les formations à *Pinus cembroides* sont localisées dans une zone où les moyennes des précipitations annuelles sont peu élevées et comprises entre 250 et 700 mm. Les pluies tombent en été ou au début de l'automne, sauf en Basse Californie nord qui reçoit plus de 36 % du total annuel des précipitations durant l'hiver (E. Garcia, 1969).

L'indice d'aridité de Martonne (1925, 1926), déjà utilisé par Alvarez (1974) pour l'étude climatique des pâturages de l'Etat de Chihuahua, permet de cerner les conditions bioclimatiques subies par les formations à *Pinus cembroides*. Rappelons que cet indice est le suivant :

$$I = \frac{P}{t + 10} \quad \text{où}$$

P = précipitation moyenne annuelle en mm et t = température moyenne en ° C.

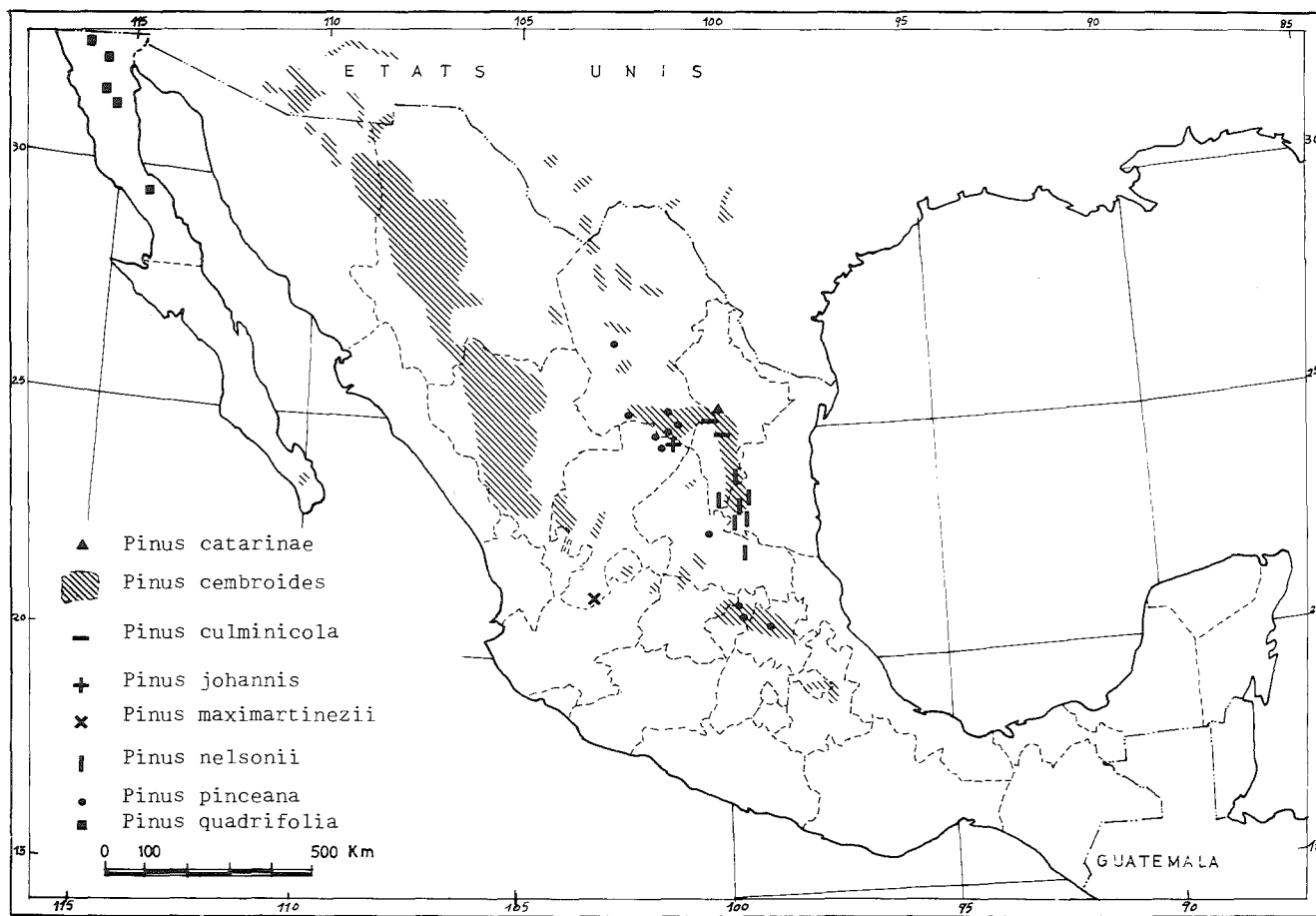


Fig. 1.- Répartition des pins de la section *Cembroides* Engelm. (pins à graines comestibles) au Mexique.

A l'est du plateau central et dans la Sierra Madre Occidentale, les formations à *Pinus cembroides* bénéficient d'un climat soit semi-humide, soit de transition (Fig. 2). Elles se situent dans la frange occidentale de la zone de transition ; la frange orientale correspondant aux prairies et aux formations basses de chênes (Gentry, 1957). Dans l'Etat de Chihuahua, l'existence au nombre des données climatiques, de la moyenne des températures minimales du mois le plus froid, mf, m'a permis de dresser un climagramme inspiré de celui d'Emberger (1930). Ainsi apparaissent sept étages climatiques à trois variables thermiques (Fig. 3). Les formations à *Pinus cembroides* se rencontrent dans les étages semi-humides ou de transition à hiver froid (Passini, 1982).

A l'est du plateau central, l'indice de Martonne calculé pour les stations de l'Etat de Coahuila varie de 4 à 14. Seuls sont représentés dans cet Etat, les types climatiques désertiques, arides et semi-arides. Les formations à *Pinus cembroides* sont soumises à un climat de type semi-aride. Par contre, dans l'Etat de Nuevo Leon, tous les types climatiques sont présents, et les formations à *Pinus cembroides* croissent dans un climat de transition. *Pinus cembroides* occupe, dans la Sierra Madre Orientale, une zone soumise à un climat plus sec (P moyenne annuelle comprise entre 250 et 400 mm) et plus chaud (température moyenne annuelle de 17 à 20°C) que dans la Sierra Madre Occidentale.

Les formations à *Pinus cembroides* sont donc liées à des climats de type semi-humide, de transition ou semi-aride. Cette constatation, jointe au fait que les précipitations auxquelles elles sont soumises sont très irrégulières d'une année à l'autre, justifie, pour ces formations, l'appellation de «forêts sèches».

La température apparaît comme le facteur climatique qui différencie entre elles les diverses formations à *Pinus cembroides* du Mexique.

III.- GROUPEMENTS FLORISTIQUES ET GROUPES COENOLOGIQUES

A l'est du plateau central et dans la Sierra Madre Orientale, plusieurs groupements définis par la ou les espèces dominantes, se distinguent à l'intérieur des formations à *Pinus cembroides*.

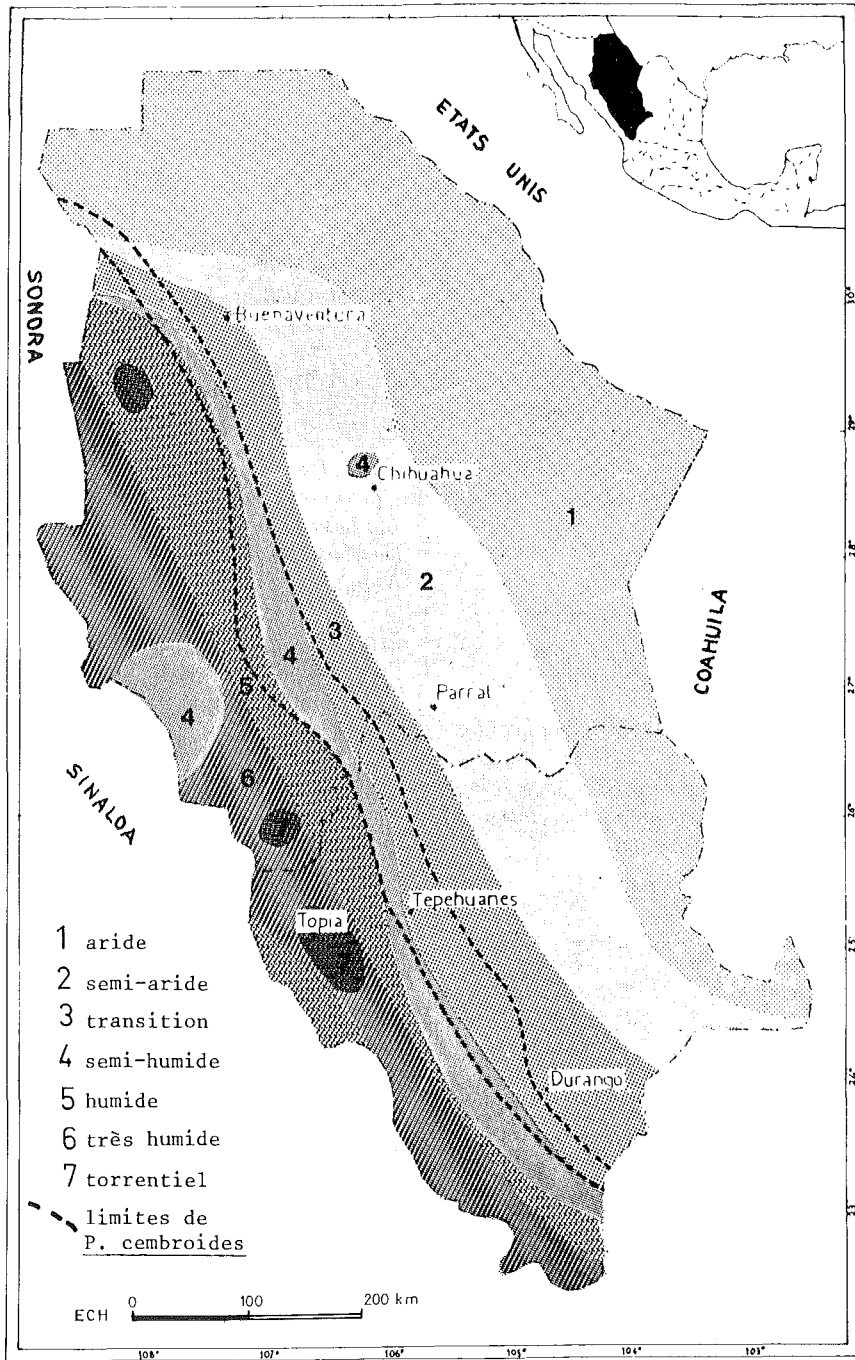
1.- Formation ligneuse basse à *Pinus cembroides*, *Pinus arizonica* et *Quercus canbyi*

La strate des ligneux bas comprend :

Fig. 2.- Bioclimat des formations à *Pinus cembroides* à l'ouest du plateau central (Etats de Chihuahua et de Durango).

Les types de climat sont définis selon l'indice de Martonne I :

I	Type de climat
0 à 5	désertique
5 à 10	aride
10 à 15	semi-aride
15 à 20	transition
20 à 25	semi-humide
25 à 30	humide
30 à 35	très humide
> 35	torrentiel



Ceanothus greggii *Quercus intricata*
Cercocarpus paucidentatus var. *montanus* *Rhus trilobata*
Garrya ovata

La strate herbacée se compose de quelques Graminées :

Andropogon divergens *Bromus anomalus*
Andropogon scoparius *Muehlenbergia emersleyi*
Bouteloua curtipendula *Piptochaetium fimbriatum*

et d'autres plantes :

Bouvardia ternifolia *Polygala alba*
Castilleja sp *Salvia microphylla*
Helianthella mexicana *Seymeria scabra*
Lesquerella purpurea

2.- Formation ligneuse haute claire à *Pinus cembroides* et Graminées

Très proche de la suivante

3.- Formation ligneuse haute à *Pinus cembroides*, *Yucca carnerosana* et Graminées

La strate des ligneux bas, très clairsemée, peut être composée des espèces suivantes :

Dasyliion sp *Lindleyella mespiloides*
Juniperus flaccida *Quercus intricata*
Juniperus deppeana *Nolina* sp

Parmi les Graminées, citons :

Bouteloua curtipendula *Stipa eminens*
Setaria geniculata *Stipa lobata*

4.- Formation à *Pinus cembroides* et *Juniperus deppeana*

5.- Formation ligneuse basse à *Pinus cembroides* et *Pinus nelsonii*

La strate des ligneux bas comprend :

Astrocassia phyllanthoides *Juniperus deppeana*
Berberis trifoliata *Krameria cytisoides*
Brahea sp *Mimosa biuncifera*
Cowania plicata *Quercus castanea*
Dasyliion longissium *Rhus pachyrrachis*
Dodonaea viscosa *Sophora secundiflora*

Les herbacées sont peu nombreuses :

Aristida sp *Salvia melissodora*
Bouteloua curtipendula *Setaria geniculata*

Deux groupes cœnologiques (Passini, 1982) s'y distinguent, l'un à tendance xéro-
 phile, l'autre à tendance mésophile.

a/ tendance xérophile :

Pinus pinceana *Berberis trifoliata*
Rhus microphila *Parthenium incanum*
Mimosa zygophila *Lycurus phleoides*
Mimosa biuncifera

b/ tendance mésophile :

Juniperus deppeana *Bouvardia ternifolia*
Bouteloua curtipendula

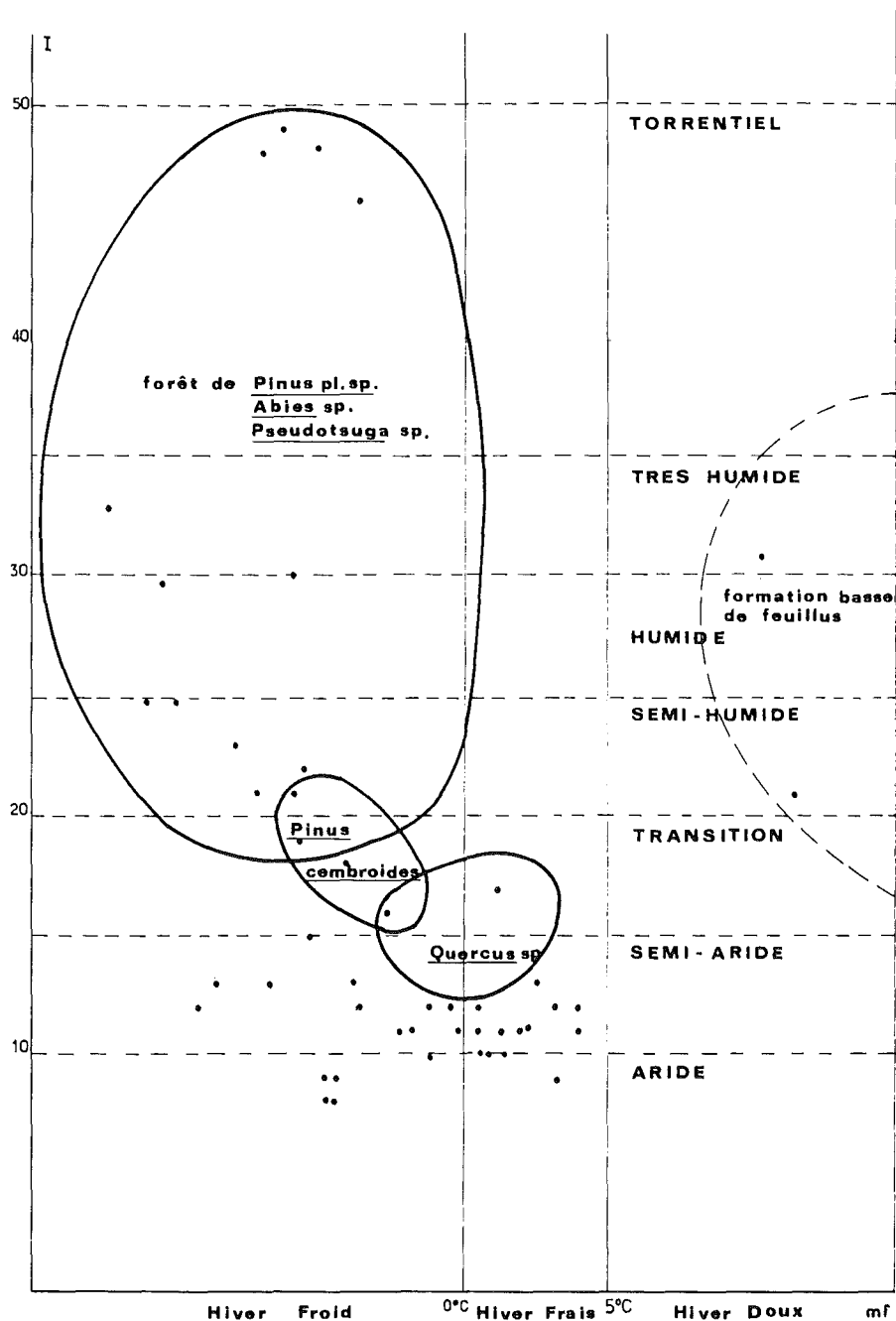


Fig. 3.- Place des forêts à *Pinus cembroides* dans les étages bioclimatiques de l'Etat de Chihuahua.
 Abscisse : température minimale du mois le plus froid en °C ; ordonnée : indice de Martonne.

Au nombre des espèces les plus fréquentes dans les formations à *Pinus cembroides* de l'est du Mexique (Tableau 1), *Bouvardia ternifolia* est une Rubiacée très répandue. Elle est immédiatement suivie par *Bouteloua curtipendula*, Graminée à aire très vaste. Le *Juniperus deppeana* est fréquent mais peu abondant ; dans les formations hautes à *Pinus cembroides*, il est dispersé et atteint rarement 4 m de hauteur. Par contre, en clairière, il s'étale et croît en hauteur.

Tableau 1.- Fréquence des espèces à l'intérieur des formations à *Pinus cembroides*, à l'est du Mexique

Fréquence en %	NOM
54	<i>Bouvardia ternifolia</i>
50	<i>Bouteloua curtipendula</i>
46	<i>Juniperus deppeana</i>
42	<i>Chrysactinia mexicana</i>
40	<i>Bouteloua gracilis</i>
40	<i>Nolina</i> sp
33	<i>Yucca carnerosana</i>
29	<i>Rhus virens</i>
29	<i>Sophora secundiflora</i>
25	<i>Dasyllirion</i> sp

A l'ouest du plateau central et dans la Sierra Madre Occidentale, les formations à *Pinus cembroides* sont plus homogènes qu'à l'est. Seules se distinguent les formations suivantes, déjà mentionnées à l'est du plateau central.

1.- Formation ligneuse haute et claire à *Pinus cembroides* et Graminées

2.- Formation ligneuse haute et claire à *Pinus cembroides* et *Juniperus deppeana*

Un groupe cœnologique a été mis en évidence comportant :

Juniperus deppeana

Bouvardia ternifolia

Salvia regla

Ipomoea capillacea

Bouteloua hirsuta

Les espèces les plus fréquentes, dans les formations à *Pinus cembroides*, à l'ouest du Mexique (Tableau 2) sont différentes de celles de l'est.

Tableau 2.- Fréquence des espèces à l'intérieur des formations à *Pinus cembroides* à l'ouest du Mexique

Fréquence en %	NOM
71	<i>Cyperus</i> sp. 2
71	<i>Cyperus</i> sp. 3
61	<i>Juniperus deppeana</i>
36	<i>Rhus trilobata</i>
30	<i>Arctostaphylos pungens</i>
30	<i>Ipomoea capillacea</i>
29	<i>Stevia serrata</i>
29	<i>Quercus grisea</i>
26	<i>Quercus hypoxantha</i>
25	<i>Dichondra argentea</i>



Phot. 3.- Formation haute et claire à *Pinus cembroides* et Graminées.
2 400 m, Sierra de Michis (Durango), juillet 1982

Deux espèces de *Cyperus*, propres à la Sierra Madre Occidentale sont liées à l'acidité relative du sol. *Juniperus deppeana*, plus fréquent à l'ouest, y présente ainsi une plus grande compétitivité qu'à l'est : il envahit, comme en Arizona, (Johnsen, 1960) des aires récemment boisées.

Les espèces les plus fréquentes dans les formations ligneuses à *Pinus cembroides* sont indicatrices de facteurs climatiques (Passini, 1982).

Le Tableau 3 montre que certaines espèces sont indicatrices à la fois de la température moyenne et des précipitations moyennes annuelles, tandis que d'autres espèces ne sont indicatrices que de l'une de ces variables.

Tableau 3.- Espèces indicatrices soit de la température moyenne annuelle (T)
Soit des précipitations moyennes annuelles (P)

ESPECES	T en ° C	P en mm
<i>Stevia serrata</i>	12 - 16	300 - 400
<i>Juniperus deppeana</i>	12 - 16	
<i>Arctostaphylos pungens</i>	12 - 16	600 - 700
<i>Quercus grisea</i>	14 - 16	300 - 400
<i>Yucca carnerosana</i>	16 - 18	400 - 500
<i>Dasyllirion</i> sp.	16 - 18	400 - 500
<i>Nolina</i> sp.	18 - 18	200 - 300
<i>Sophora secundiflora</i>	18 - 20	
<i>Bouteloua curtipendula</i>	18 - 20	300 - 400
<i>Rhus virens</i>	16 - 20	
<i>Rhus trilobata</i>		300 - 400
<i>Bouvardia ternifolia</i>		400 - 500
<i>Ipomoea capillacea</i>		500 - 600
<i>Cyperus</i> sp. 2		500 - 600
<i>Cyperus</i> sp. 3		500 - 600

BIBLIOGRAPHIE

- ALVAREZ GOMEZ A., 1974.- Boletín meteorológico, 10 : 1957 à 1971. Chihuahua.
- BAKEWELL P., 1971.- Silver mining and society in colonial Mexico, Zacatecas, 1540-1700. Cambridge.
- EMBERGER L., 1930.- Sur une formule climatique et ses applications en botanique. Météorologie. 10p., 1 carte.
- GARCIA E., 1969.- Distribucion de la precipitacion en la Republica Mexicana. Bol. Inst. Geogr., U.N.A.M., 1, 13-30.
- GENTRY H.S., 1957.- Los pastizales de Durango, estudio ecologico, fisiografico y floristico. Trad. de X.E. Hernandez, Mexico.
- HERNANDEZ X.E., 1959-1960.- Zonas agrostologicas de Chihuahua, Agr. Tecn. Mex., 9, 1-5.
- JOHNSON T.N., 1960.- Factors affecting one seed Juniper invasion of Arizona grasslands. Ph. D., Duke University.
- LESUEUR H., 1945.- The ecology of the vegetation of Chihuahua, Mexico, north of parallel twenty eight. University of Texas, Publ. 4521, Austin, Tex., U.S.A., 92p.
- MARTINEZ M., 1948.- Los pinos mexicanos. Mexico, 361p.
- MARTONNE E. de, 1925.- Traité de géographie physique. I. Notions générales. Hydrographie. Paris., 496p.
- MIRANDA F., 1965.- Formas de vida vegetal y el problema de la delimitacion de las zonas aridas de Mexico. Dans «Mesas redondas sobre problemas de las zonas aridas de Mexico». Inst. Mex. Rec. Nat. A.C., Mexico.
- PASSINI M.F., 1982.- Les forêts de *Pinus cembroides* au Mexique. Etudes mésoaméricaines II/5, Paris, 373p.
- ROBERT M.F., 1974.- Les divers types de forêts de *Pinus cembroides* dans l'est et le nord-est du Mexique. C.R. Congrès nat. Soc. sav., 99, Paris, 3, 209-219.
- ROBERT M.F., 1977.- Aspects phytogéographiques et écologiques des forêts de *Pinus cembroides*. I. Les forêts de l'est et du nord-est du Mexique. Bull. Soc. bot. Fr., 124, 197-216.
- ROBERT M.F., 1977.- Essai sur l'évolution de la forêt de conifères de la Sierra Madre Occidentale (Mexique). Revue forestière française, 5, 407-416.
- ROBERT M.F., 1978.- Un nouveau pin pignon mexicain : *Pinus johannis* M.F. Robert. Adansonia, sér. 2, 18, 3, 365-373.
- ROBERT-PASSINI M.F., 1981.- Deux nouveaux pins pignons du Mexique. Bull. Mus. nat. Hist. nat., Paris, 4e sér., 3, sect. B (Adansonia), 61-73.