

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BOTANIQUE

DE FRANCE

M.F. Cassini
34 rue de Poissy
75005 Paris

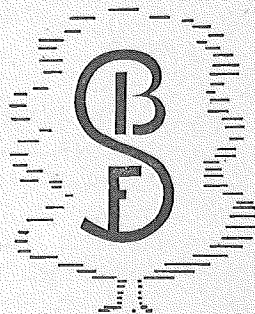
38^e section
UNIVERSITÉ PARIS VI

Tome 124

N° 3-4

1977

EXTRAIT



**Aspects phytogéographiques et écologiques
des forêts de *Pinus cembroides***
I. Les forêts de l'est et du nord-est du Mexique (*)

par MARIE-FRANÇOISE ROBERT

*Université Pierre et Marie Curie
et Laboratoire de Systématique et Géobotanique Montpellieraine,
Institut de Botanique, Montpellier.*

Résumé. — Les forêts de *Pinus cembroides* constituent une végétation de transition entre les formations xérophytiques du Plateau central mexicain et les versants internes des Sierra Madre Orientale et Occidentale. Dans ce premier article, l'auteur étudie (1) la localisation de ces forêts dans l'est du Mexique ; il en fournit une étude floristique succincte. Puis il précise la limite altitudinale supérieure de ces forêts.

Resumen. — Los bosques de *Pinus cembroides* forman una vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas del Altiplanicie Mexicano y los vertientes internas de los Sierra Madre Orientale y Occidentale. El autor ha estudiado (1) la localización de estos bosques en el este de Mexico y da una descripción de los componentes florísticos. En seguida, el autor ensaya de precisar las límites altitudinales superiores de estos bosques.

*

**

INTRODUCTION

Pinus cembroides, que l'on rencontre aussi aux Etats-Unis, dans les Etats du Nouveau Mexique, du Texas et de l'Arizona, s'étend au Mexique, du 18°N ou 32°N et du 98°W au 116°W. Il occupe les parties inférieures du versant oriental de la Sierra Madre Occidentale, au contact de la zone aride du Chihuahua, et dans l'est de l'Etat de Durango, ainsi que celles du versant occidental de la Sierra Madre Orientale, au nord du Tropique

(*) Communication présentée à la séance du 24 avril 1976. Manuscrit accepté le 23 juin 1976.

(1) Cette étude a été faite grâce aux crédits accordés par le C.N.R.S. dans le cadre de la Mission Scientifique Française, dirigée par M. le Professeur STRESSER-PEAN, au cours des étés 1969, 1970, 1971.

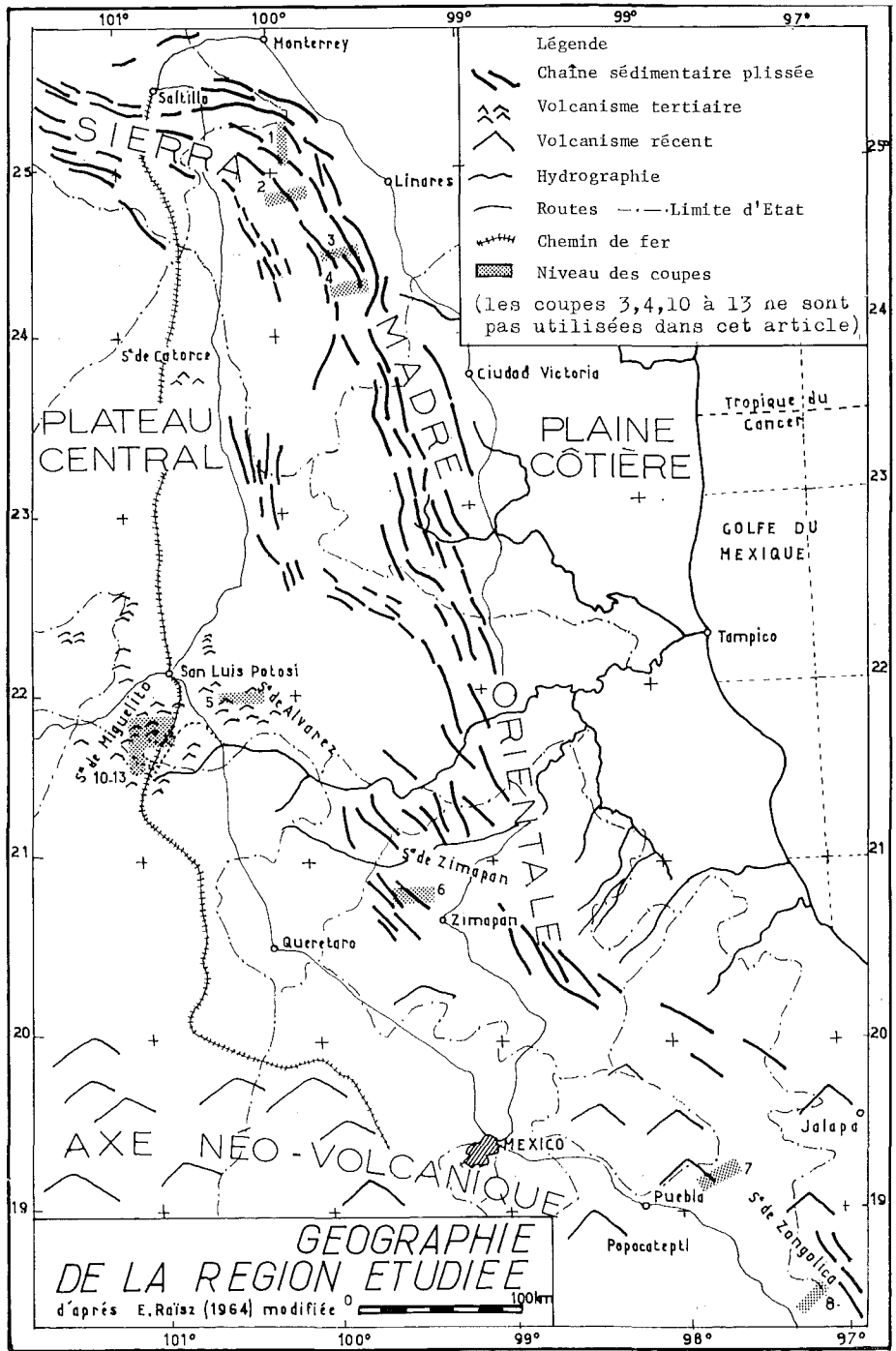


Fig. 1.

du Cancer. Au sud du Tropique du Cancer, son aire de distribution est plus morcelée ; il se trouve sur des chaînons du Plateau Central, et à la limite de ce dernier et de la Sierra Madre Orientale. Sa limite sud est atteinte dans l'Etat de Puebla.

La situation de la forêt de *Pinus cembroides* entre des formations xérophytiques et des formations tempérées, permettait de penser que ce pin était d'une grande plasticité, résistant à des conditions climatiques difficiles (forte amplitude thermique annuelle, gelée en hiver, quantité de pluie annuelle variable), ce qui le rendait approprié pour reboiser des zones fortement érodées du Mexique. Et puis, il était tentant de penser que les lambeaux de forêts de *Pinus cembroides* du sud du Plateau central étaient les vestiges de forêts plus vastes, que les migrations et l'occupation humaine avaient progressivement réduites, ne les laissant subsister que dans les lieux moins accessibles. Ce sont ces raisons qui m'ont conduite à entreprendre l'étude des forêts de *Pinus cembroides*. La zone étudiée dans cette dition s'étend au sud-est de l'Etat de Coahuila, au sud de l'Etat du Nuevo Leon, dans les Etats de San Luis Potosi, Guanajuato, Hidalgo et Puebla ; elle est représentée sur la figure 1. Dans la suite de cette étude nous essaierons de préciser la place des formations à *Pinus cembroides* dans l'ensemble de la région étudiée.

I. — DIFFÉRENTS TYPES DE SITUATION DES FORÊTS DE *Pinus cembroides*

En parcourant la région à des latitudes différentes, il est apparu que les forêts de *Pinus cembroides* occupaient des types de situation divers dans l'ensemble des formations végétales locales. C'est ce que tente de montrer la série de coupes qui suit ; ces coupes, échelonnées entre le 25° 30' N et le 18° 00' N, sont indiquées sur la fig. 1.

La fig. 2 correspond à une coupe faite dans une vallée étroite de la Sierra Madre Orientale, vallée de direction générale E-W ; son altitude moyenne est de 2100 m, ses versants sont dissymétriques. Le climat y est assez rigoureux ; les gelées sont fréquentes d'octobre à mars ; en août et septembre, la région reçoit fréquemment les « queues » de cyclone venant du golfe du Mexique, la pluie tombe en trombe pendant plusieurs jours, le sol devient glissant. Le fond de la vallée est occupé par des cultures : maïs, blé, pommiers. Le versant sud porte une forêt de *Pinus cembroides* et *Yucca carnerosana* ; parfois une formation de *Yucca carnerosana* seul. Sur le versant nord, les cultures montent plus haut que sur le versant sud ; elles entrent en contact avec la forêt de *Pinus cembroides*, haute de 5 à 6 m en moyenne. Vers 2 500 m, la forêt de *Pinus cembroides* passe à une forêt de *Pseudotsuga menziesii* et *Pinus* pl. sp. atteignant souvent 15 m de haut ; le sous-bois de cette forêt, composé surtout de deux espèces : *Quercus loeseneri* et *Arbutus xalapensis* (relevé 4) est dense et contraste avec celui de la forêt de *Pinus cembroides* ; la strate herbacée est presque nulle. Il semble que vers 2 500 m, *Pinus cembroides* entre en concurrence avec les espèces arbustives à croissance plus rapide que la sienne et ne puisse survivre. La culture des pommiers indique un hiver

assez froid. La forêt de *Pinus cembroides* est belle et se régénère, les jeunes arbres sont nombreux.

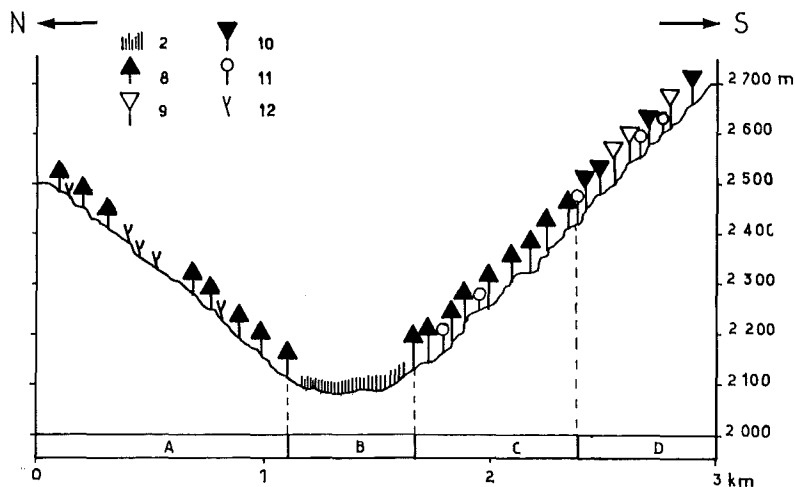


Fig. 2. — Coupe schématique de la vallée de San Antonio et de las Alazanas (Coahuila) au niveau du lieu-dit « Efigenia ».

2, cultures ; 8, *Pinus cembroides* ; 9, *Pinus teocote* ; 10, *Pseudotsuga menziesii* ; 11, *Quercus* sp. ; 12, *Yucca* sp.

A, forêt de *Pinus cembroides* et *Yucca carnerosana* ; B, cultures ; C, forêt de *Pinus cembroides* ; D, forêt de *Pseudotsuga menziesii* et *Pinus* pl. sp.

La fig. 3 montre la succession des formations végétales depuis le Plateau, à l'ouest, au front de la Sierra Madre à l'est. D'ouest en est se succèdent : un matorral xérophytique à ligneux bas dominants, où cohabitent *Larrea tridentata*, *Opuntia* et *Yucca carnerosana* ; cette formation correspond à ce que Rzedowski a appelé (1965) « matorral desértico micrófilo ». Par place, ce matorral s'appauvrit ; il est constitué seulement de *Larrea* ; dans les parties basses, il laisse la place à un matorral à *Juniperus* sp. Sur le versant ouest du chaînon latéral de la Sierra Madre, les genévriers pénètrent dans le matorral à *Larrea*. Sur le versant est, la végétation est très différente : de 2 200 m à 2 000 m, une forêt claire à *Pinus* pl. sp. passe à une forêt de *Pinus cembroides* ; celle-ci est dans sa limite inférieure en contact avec le matorral à *Larrea*. A l'est du village de Galeana, sur les piémonts érodés de la Sierra, dans un sol maigre, où affleure souvent une croûte calcaire blanche, s'étend une forêt très ouverte à *Pinus cembroides*, *Juniperus* sp. et *Quercus* sp. C'est une formation très dégradée. *Pinus cembroides* est couvert de *Tillandsia* sp. Vers 2 300 m, dans les talwegs du flanc abrupt de la Sierra, se développe une forêt de *Pinus* sp. Vers le nord, la formation très ouverte de *Pinus cembroides* devient une véritable forêt (phot. 1).

Une coupe est faite plus au sud, dans la Sierra de Alvarez (fig. 4), à la limite de la zone externe de la Sierra et du Plateau central ; le



Phot. 1

contact des calcaires secondaires plissés de la Sierra et des roches éruptives du Plateau s'étend sur plusieurs centaines de mètres ; il est observable près de Las Cuevas où il est minéralisé en fluorite exploité à ciel ouvert. La vallée de Zaragosa est en contact avec la zone semi-aride à *Larrea divaricata* du sud-ouest de San Luis Potosi, mais *Larrea* n'y pénètre pas. Elle est occupée par une formation xérophytique à *Acacia farnesiana*, *Agave* sp., *Buddleia* sp., *Opuntia* sp. et *Yucca* sp., à laquelle succède, vers l'est, un matorral à *Quercus potosina*. Les premiers chênes apparaissent vers 2 200 m. Puis les chênes disparaissent dans une zone balayée par le vent, laissant la place à une pelouse qui progressivement devient un matorral à *Juniperus flaccida*. *Pinus cembroides* s'y rencontre d'abord isolé, puis il devient dominant, et l'on se trouve dans une forêt de *Pinus cembroides* (relevés 5 et 6, tabl. 2). Le changement de rochemère se traduit au niveau du sol : sur rhyolite, le sol, peu profond est clair ; sur calcaire au contraire, il est sombre et plus épais. Mais l'aspect de la forêt de *Pinus cembroides* est identique sur les deux substrats.

La fig. 5 se situe dans la zone externe, c'est-à-dire occidentale, de la Sierra Madre Orientale, à la limite de la vallée de Zimapan (relevés 9, 10, 11, tabl. 4). D'ouest en est, se succèdent une formation xérophytique à *Opuntia* sp., *Agave* sp. ; la forêt de *Pinus cembroides* et la forêt de *Pinus teocote* et *Quercus* sp. Mais, entre la formation xérophytique et la forêt de *Pinus cembroides*, la transition est longue : d'abord, les espèces xérophytiques deviennent moins abondantes ; au contraire les Graminées sont plus nombreuses ; enfin, cette formation devient arborée avec la présence de *Pinus cembroides*. Les premiers individus sont isolés, puis de plus en plus nombreux quand l'altitude croît.

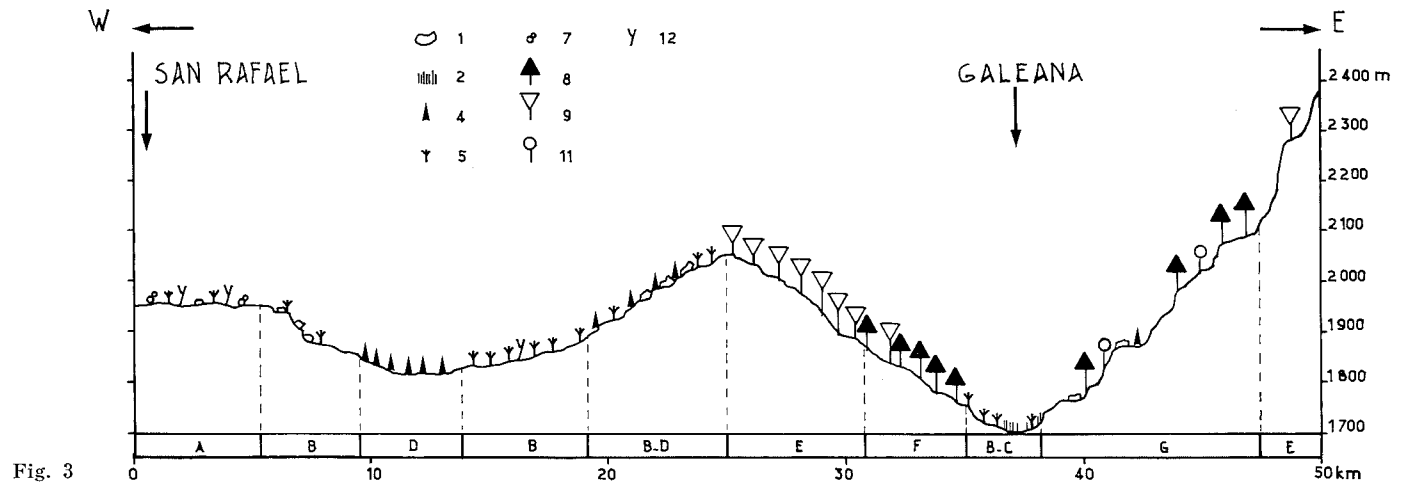


Fig. 3

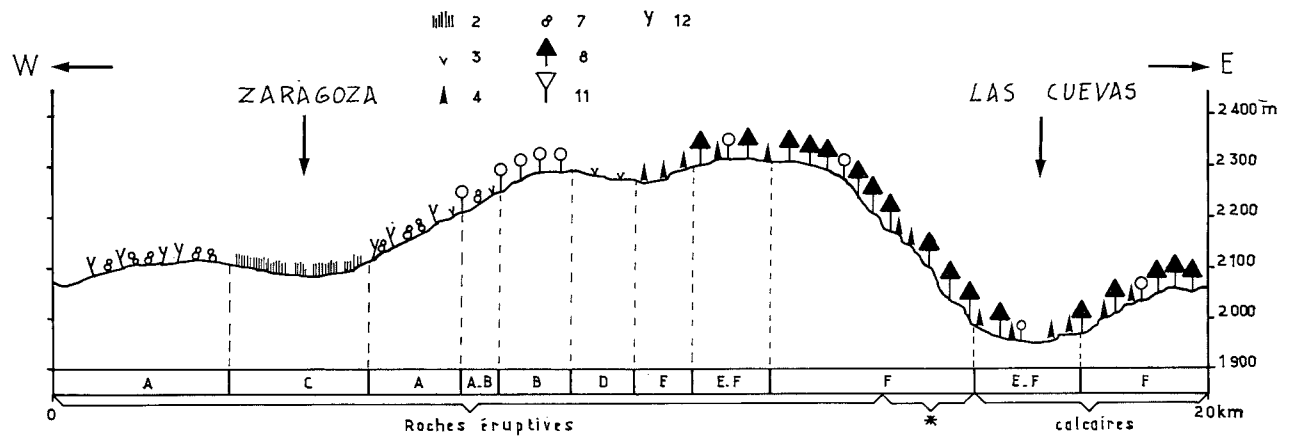


Fig. 4

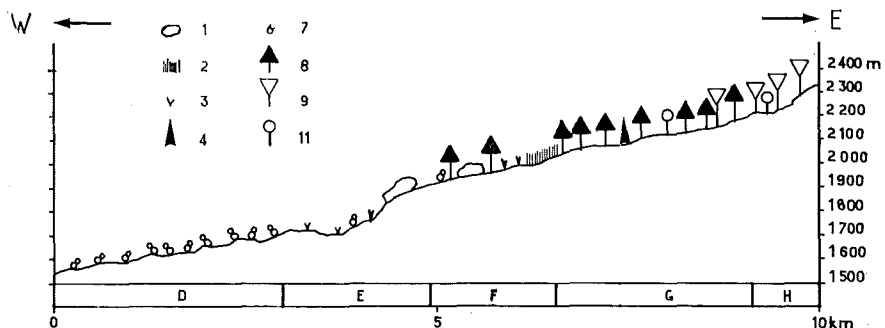


Fig. 5. — Coupe schématique dans le versant sous le vent de la Sierra Madre Orientale au niveau de Zimapan (Hgo).

1, cailloux ; 2, cultures ; 3, Graminées ; 4, *Juniperus flaccida* ; 7, *Opuntia* ; 8, *Pinus cembroides* ; 9, *Pinus teocote* ; 11, *Quercus*.

D, formation xérophytique à *Opuntia* et *Agave* ; E, formation ouverte à Graminées et *Opuntia* ; F, forêt de *Pinus cembroides* localement défrichée ; G, forêt de *Pinus cembroides* ; H, forêt de *Pinus teocote*.

À la lisière, la forêt de *Pinus cembroides* est défrichée surtout dans les creux et les lits secs d'anciens torrents. Mais, à l'intérieur, la forêt est trouée par les petites parcelles cultivées, dispersées et localisées plutôt sur les croupes (phot. 2).

Près des villages, les abords de la forêt sont utilisés comme parcs à bétail. *Juniperus flaccida* se rencontre en petit nombre dans la forêt de pin, et par places, dans la formation ouverte à *Pinus cembroides*. Le passage de la forêt de *Pinus cembroides* à celle de *Pinus teocote* se fait de 2 200 à 2 300 m ; il se traduit en particulier, par un enrichissement de la strate arbustive.

Au niveau de l'axe néo-volcanique, à la limite des Etats de Veracruz

Fig. 3. — Coupe schématique entre San Rafael et Galeana (Nuevo Leon).

1, cailloux ; 2, cultures ; 4, *Juniperus* sp. ; 5, *Larrea tridentata* ; 7, *Opuntia* sp. ; 8, *Pinus cembroides* ; 9, *Pinus* pl. sp. ; 11, *Quercus* sp. ; 12, *Yucca carnerosana*.

A, matorral à *Larrea tridentata*, *Opuntia*, *Yucca carnerosana* sur conglomérat quaternaire ; B, matorral à *Larrea tridentata* sur sol gris et caillouteux ; C, cultures ; D, matorral à *Juniperus* ; E, forêt de *Pinus* ; F, forêt de *Pinus cembroides* ; G, formation très ouverte à *Pinus cembroides*, *Quercus*, *Juniperus* sur sol érodé et croûte calcaire ; B-D, matorral à *Larrea tridentata* et *Juniperus*.

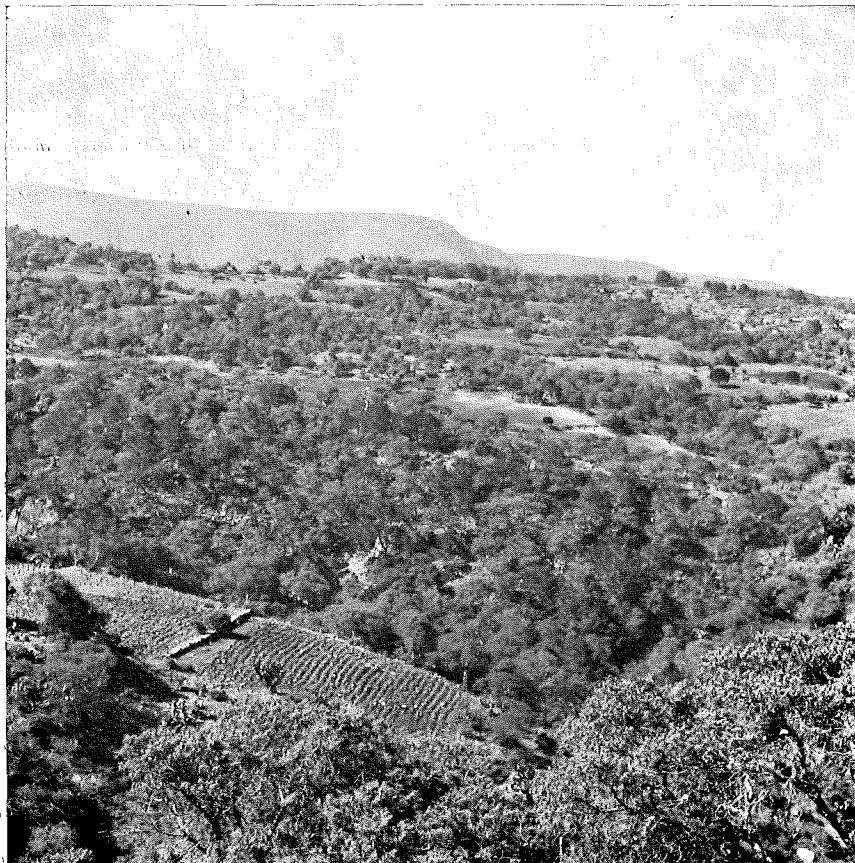
Fig. 4. — Coupe schématique dans la Sierra de Alvarez (San Luis Potosi).

* : zone de contact entre les roches éruptives et les calcaires.

2, cultures ; 3, Graminées ; 4, *Juniperus flaccida* ; 7, *Opuntia* sp. ; 8, *Pinus cembroides* ; 11, *Quercus potosina* ; 12, *Yucca* sp.

A, formation à *Acacia farnesiana*, *Opuntia*, *Yucca* ; B, formation ouverte à *Quercus potosina* ; A-B, transition ; C, cultures ; D, pelouse ; E, matorral à *Juniperus flaccida* ; F, forêt de *Pinus cembroides* ; E-F, formation ouverte à *Pinus cembroides*, *Juniperus flaccida*, *Quercus potosina*.

et de Puebla s'étend une zone aride, prolongement de celle de Tehuacan. La fig. 6 est faite au sud-ouest de cette zone, le fond de la vallée est occupé par des genévriers, *Juniperus deppeana*, et des cultures de maïs. Sur les versants formés de cendres volcaniques, l'érosion hydrique a creusé de profondes barrancas. Le bas des versants est occupé par une formation xérophytique à *Dasyllirion*, *Opuntia* et *Yucca*. Vers 2 400 m, *Pinus cembroides* apparaît, d'abord isolé ; vers 2 500 m, il constitue une forêt claire



Phot. 2

(relevé 12, tabl. 5) qui atteint 2 700 m d'altitude. Les branches des pins isolés sont couvertes de *Tillandsia usneoides*, dont la présence indique une forte humidité de l'air. Le sol est couvert de lichens parmi lesquels *Psora crenata*, qui est caractéristique des zones arides du Mexique (G. GUSMAN, Esc. Nac. Cienc. Biol., Mexico) (1). Sur le versant sud-ouest

(1) Communication verbale.

de la colline de cendres volcaniques, *Sophora secundiflora* est abondant dans la forêt très ouverte à *Pinus cembroides*. Cela nous paraît intéressant à noter, car, dans la vallée du Mezquital, GONZALEZ QUINTERO (1968) signale une formation ouverte de *Sophora secundiflora* et *Juniperus* sp., mais sur calcaire. Il est curieux de constater qu'à San Luis Atexcac, *Juniperus deppeana* pousse dans le fond de la vallée, au milieu des cultures, mais qu'il est absent des versants. Cela conduit à se demander si ces génévriers sont les survivants d'une forêt de génévriers défrichée pour la culture ? Mais, il n'est pas non plus interdit de penser que les génévriers ont occupé l'espace laissé libre par une forêt de *Pinus cembroides* coupée par l'homme. Nous ne pouvons fournir aucune réponse satisfaisante à cette question.

A l'est de la vallée aride de Tehuacan, dont l'altitude moyenne est de 1 600 m, s'élève la Sierra de Zoncolica, où se situe la fig. 7. Montant de la vallée de Tehuacan, nous traversons une formation xérophytique de ligneux hauts ou bas, souvent épineux, parmi lesquels, à 1 800 m, *Dioon* sp. ; entre 1 950 et 2 000 m, les premiers chênes apparaissent dans cette formation ; ils deviennent de plus en plus nombreux et forment une forêt dont les plantes xérophytiques ont disparu. Vers 2 100 m, la forêt est à *Pinus cembroides* et chênes (relevé 13, tabl. 5). Elle s'étend sur l'autre versant et est défrichée par places au sommet. Le village de San Luis de los Pinos est situé dans une vallée à fond plat, les cultures s'étendent dans le fond de la vallée ; le versant sud est raviné, érodé, il porte encore quelques pieds de *Pinus cembroides* et d'*Agave atrovirens* (phot. 3). Le climat de la vallée est, au dire des habitants, très dur ; les récoltes de maïs sont souvent insuffisantes à cause de la sécheresse. L'implantation du village est récente (1920), l'érosion du versant sud serait donc due à un déboisement intensif pour les besoins de l'agriculture et du bois de chauffage.

De l'observation de ces coupes, il apparaît que, dans la région étudiée, les forêts de *Pinus cembroides* ne se rencontrent que sur le versant « sous le vent » de la Sierra Madre Orientale, c'est-à-dire son versant ouest ; à la limite d'enclaves arides de l'axe néo-volcanique ou du prolongement de la Sierra Madre (fig. 7). *Pinus cembroides* ne se trouve actuellement jamais en plaine ; il se développe sur des pentes, soit dans des vallées fermées, soit dans des zones ouvertes. Mais, il n'est pas interdit de penser que certaines plaines cultivées du nord (fig. 2) occupent d'anciennes forêts ou formations à *Pinus cembroides*. La limite altitudinale inférieure de *Pinus cembroides* semble être 1 700 m (Galeana), sa limite supérieure 2 700 à 2 800 m (San Luis Atexcac).

II. — TYPES FLORISTIQUES

Pour cette étude nous disposons des relevés dont les listes floristiques figurent dans les tableaux 1, 2, 3, 4, 5. Un essai d'analyse en est donné dans le tableau 6, il ne concerne que les strates arborées et arbustives. La présence de chaque espèce y est indiquée par une croix, les plantes

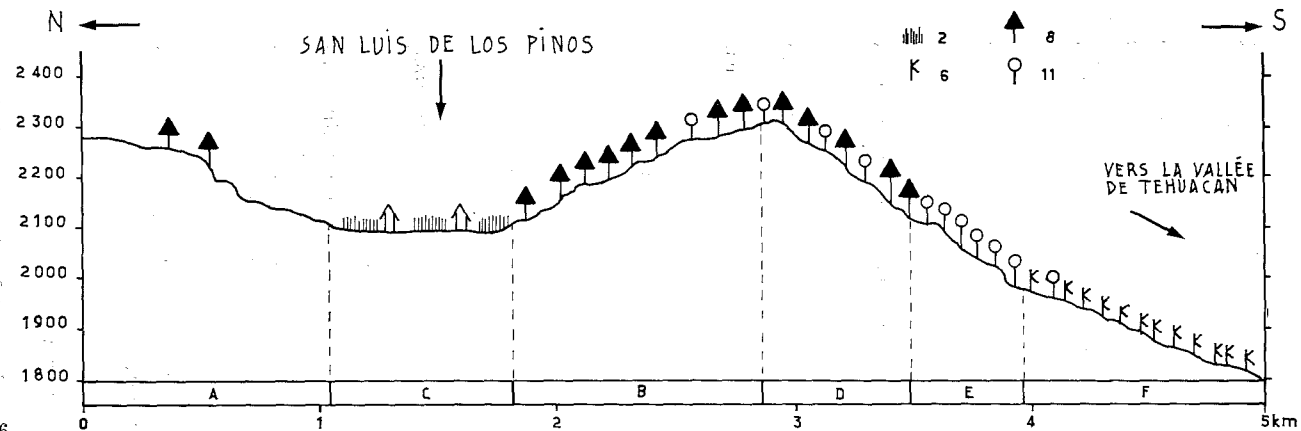


Fig. 6

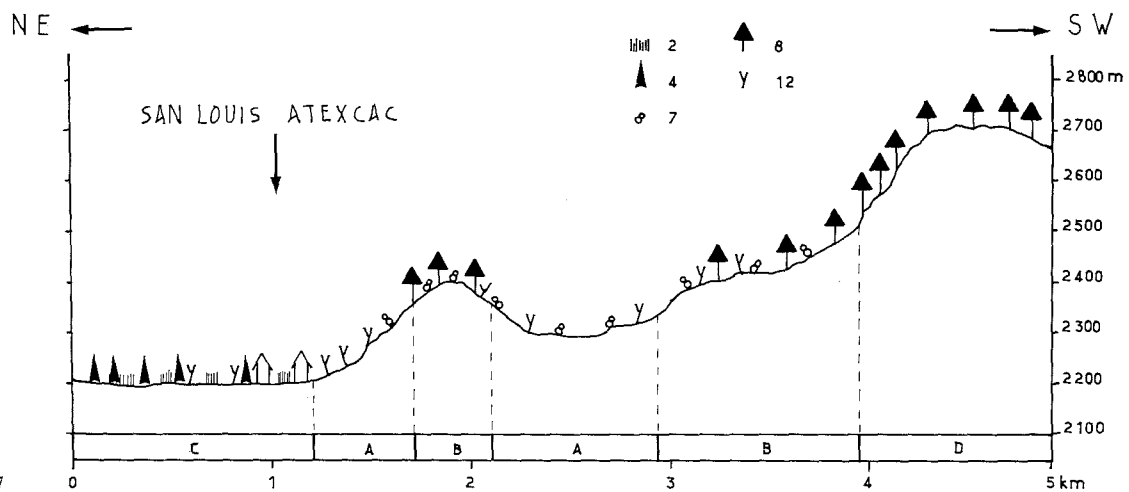


Fig. 7

arbuscules rencontrées une fois seulement dans la totalité des relevés n'ont pas été retenues.

Au niveau de la strate arbusculaire, aucune homogénéité floristique n'apparaît, ce qui peut s'expliquer, en partie, par la grande diversité des lieux étudiés. Nous avons classé les plantes de la strate arbusculaire dans l'ordre suivant :

1) une plante dont la limite sud de l'aire de distribution est atteinte dans l'Etat de San Luis Potosi (MARROQUIN, 1966) : *Berberis trifoliata*, espèce présente dans certains relevés du Nuevo Leon ;

2) les plantes rencontrées habituellement dans les forêts tempérées de chênes ou de pins : *Amelanchier denticulata*, *Arctostaphylos* sp. et *Rhus* sp. Remarquons l'absence d'*Amelanchier denticulata* des relevés du nord de la région étudiée. Mais, il existe au Texas, Chihuahua et Coahuila ;

3) les espèces originaires de la zone aride du Mexique (RZEDOWSKI, 1965) : *Agave* sp., *Bursera fagaroides*, *Dasyllirion* sp., *Gymnosperma glutinosum*, *Jatropha spathulata* et *Pithecolobium elasticophyllum* ;

4) des plantes qui accompagnent les dégradations faites par l'homme en forêt : *Acacia* sp., *Bouvardia ternifolia*, *Cassia* sp., *Chrysothrix mexicana*, *Eysenhardtia polystachia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Mimosa* sp. et *Opuntia* pl. sp. *Bouvardia ternifolia* par exemple, est une plante de bord de chemin ; c'est une espèce rudérale, sa présence dans les forêts de *Pinus cembroides* semble donc liée à l'activité humaine ;

5) enfin, des plantes communes dans la campagne mexicaine, et dont la signification ne peut être précisée : *Croton* sp., par exemple, se rencontre dans des milieux très différents : cultures, forêts ; elle semble ubiquiste.

Les forêts de *Pinus cembroides* dans lesquelles ont été faits les relevés se développent sur roche-mère calcaire (1, 2, 3, 6, 11, 10), sur roche-mère éruptive (5, 7, 8, 9, 12) et sur roche-mère métamorphique (13). Cela indique que *Pinus cembroides* est indifférent à la roche-mère. Par ailleurs, la lecture du tableau 1 montre qu'aucune espèce arbusculaire n'est apparue comme caractéristique d'un substrat.

Fig. 6. — Coupe dans la Sierra de Zongolica au niveau de San Luis de los Pinos (Puebla).

2, cultures ; 6, ligneux épineux ; 8, *Pinus cembroides* ; 11, *Quercus microphylla*. A, zone déboisée fortement érodée : *Pinus cembroides* isolés et *Agave atrovirens* ; B, forêt de *Pinus cembroides* ; C, cultures ; D, forêt de *Pinus cembroides* et *Quercus microphylla* ; E, forêt de *Quercus microphylla* ; F, formation de ligneux hauts et de ligneux bas.

Fig. 7. — Coupe schématique à la limite de la zone aride de l'Etat de Veracruz, au niveau de San Luis Atexcac (Puebla).

2, cultures ; 4, *Juniperus deppeana* ; 7, *Opuntia* sp. ; 8, *Pinus cembroides* ; 12, *Yucca* sp. A, formation xérophytique à *Dasyllirion*, *Opuntia* et *Yucca* ; B, formation ouverte à *Pinus cembroides*, *Yucca* et *Opuntia* ; C, cultures dans une formation ouverte de *Juniperus deppeana* ; D, forêt claire de *Pinus cembroides*.

Le genre *Quercus* est présent dans 9 relevés, cette remarque nous conduit à distinguer 2 types floristiques principaux de forêts de *Pinus cembroides* :

- une forêt de *Pinus cembroides* à *Quercus* pl. sp.,
- une forêt de *Pinus cembroides* sans autres espèces arborées.

Les forêts de *Pinus cembroides* et chênes peuvent présenter des variations dans la composition de la strate arborée : présence de *Juni-perus* sp. ou de *Yucca* sp., ou des deux.

La présence de chênes dans ces forêts n'implique pas que ces arbres aient la même abondance que les pins ; généralement, *Pinus cembroides* est plus abondant que *Quercus* pl. sp., et les chênes ne sont pas perceptibles dans la physionomie de la forêt.

III. — LIMITE ALTITUDINALE SUPÉRIEURE DE LA FORÊT DE *Pinus cembroides*

La limite altitudinale supérieure de la forêt de *Pinus cembroides* est de 2 500 m au nord de la dition, de 2 700 m au sud. Dans la vallée de San Antonio de las Alazanas (fig. 2), à 2 500 m, la forêt de *Pinus cembroides* passe à une forêt de *Pseudotsuga* sp. et *Pinus* sp. (relevé 4). Ni la roche-mère calcaire, ni le sol ne changent à 2 500 m sur le versant où a été faite cette observation. Les facteurs qui limitent le développement de *Pinus cembroides* au-dessus de 2 500 m sont sans nul doute des facteurs climatiques. A cette altitude, la température moyenne annuelle est de 10 °C, la température moyenne du mois le plus froid, calculée en utilisant le gradient thermique altitudinal Robert M.F. (1973), serait de 3 °C (7 °C à San Antonio de las Alazanas). Le nombre de jours de gelées est sans doute plus élevé qu'à 2 100 m (86 jours), mais nous n'avons aucune donnée précise à ce sujet. Quant aux précipitations, elles croissent habituellement en altitude au moins jusqu'à une certaine hauteur ; mais, sur ce point, non plus, nous n'avons aucune donnée. Seule la présence non loin de là, d'un îlot de *Populus* sp. (observation personnelle), laisse penser que l'humidité du sol, donc la pluviosité annuelle, est plus grande qu'à l'étage inférieur. Le froid est peut-être un frein à la croissance de *Pinus cembroides*, mais surtout, les précipitations annuelles plus fortes favorisent la croissance rapide de nombreuses espèces. Or la croissance de *Pinus cembroides* est lente (LOOCK et STELL, 1950) et reste lente, même si les précipitations annuelles sont plus élevées.

Par ailleurs, *Pinus cembroides* monte plus haut sur les versants chauds et longuement ensoleillés que sur des versants froids. Par exemple (fig. 2), il atteint 2 500 m sur le versant sud ; à cette altitude sur le versant nord, il a laissé la place à *Pseudotsuga menziesii*. Enfin, à la latitude de 25°N, la forêt de *Pinus cembroides* ne dépasse pas l'altitude de 2 500 m alors que si les conditions climatiques le lui permettent, elle atteint 2 700 m au 18°N. Cela laisse penser que la limite altitudinale supérieure de la forêt de *Pinus cembroides* est naturelle et liée à un facteur climatique.

CONCLUSION

Il apparaît que, du nord au sud de la région étudiée, et quelle que soit la roche-mère, les forêts de *Pinus cembroides* se situent entre des formations xérophytiques et des forêts tempérées à *Pinus teocote*, *Pseudotsuga* sp. ou *Pinus* sp. et *Quercus* pl. sp. La limite altitudinale inférieure de la forêt est de 1 700 m, sa limite supérieure est de 2 500 m au nord du Tropique, 2 700 m au sud. Mais, il faut noter que les températures moyennes annuelles sont sensiblement les mêmes à 2 500 m au nord du Tropique du Cancer qu'à 2 700 m au sud ; donc, ces variations altitudinales ne traduisent pas un changement dans les exigences écologiques de *Pinus cembroides*, au moins en ce qui concerne P et T.

La limite inférieure actuelle de la forêt de *Pinus cembroides* est très souvent artificielle ; en effet, elle est très variable dans la zone étudiée. Il est vraisemblable que les forêts de *Pinus cembroides* s'étendaient jusqu'aux formations xérophytiques, mais le contact entre les deux a souvent été détruit par l'homme, et de ce fait, n'est plus observable



Phot. 3

(sauf peut-être près de Galéana ou de Calderon). Mais il est clair que la forêt de *Pinus cembroides* occupe une place bien précise dans le paysage végétal. C'est une forêt de transition entre les formations xérophytiques et les forêts mésophiles à *Pinus teocote* surtout, ou *Pseudotsuga* et *Quercus*.

A l'intérieur des forêts de *Pinus cembroides*, le nombre de relevés floristiques effectués a été insuffisant pour faire apparaître des groupements végétaux. Cependant, nous avons remarqué dans les listes floristiques, la présence d'espèces de la zone aride et d'espèces des forêts tempérées de *Pinus teocote* et de chênes, ce qui semble confirmer que les forêts de *Pinus cembroides* sont des formations de transition entre ces deux types de végétation. Mais il ne paraît pas douteux que seule une étude détaillée de la strate herbacée permettrait de faire apparaître des groupements végétaux à l'intérieur de ces forêts.

Les conditions macroclimatiques (P et T) étant identiques, il semble que dans les forêts de *Pinus cembroides* les facteurs déterminants soient en premier lieu les conditions édaphiques (épaisseur du sol et drainage surtout), en second lieu, les conditions microclimatiques.

Pinus cembroides se développe indifféremment sur des roches-mères calcaires, éruptives ou métamorphiques. Ajoutons que nous avons rencontré les plus belles forêts de *Pinus cembroides* (arbres hauts de 10 à 12 m) dans le Nuevo Leon, sur roche-mère calcaire et rendzine lithique. Mais, les basses températures hivernales de cette région influencent peut-être favorablement la croissance du pin et la production des cônes. Dans l'esprit des paysans, les bonnes récoltes en piñones sont liées à des hivers très froids.

La forêt à *Pinus cembroides* seul, est, sans nul doute, une forêt secondaire dérivant d'une forêt mixte de pins et de chênes. En effet, les seules forêts où le chêne est absent sont celles des environs de Zimapan où l'influence humaine est très nette. *Pinus cembroides* et 5 à 6 espèces de chênes (*Quercus polosina*...) sont aptes à vivre ensemble dans des zones où les précipitations sont irrégulières et de l'ordre de 260 à 600 mm annuels.

BIBLIOGRAPHIE

- GONZALEZ QUINTERO (L.), 1968. — Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. *Paleoecologia*, 2, 1-53.
- LOOCK (E.-E.-M.) et STELL (B. Sc.), 1950. — The pines of Mexico and British Honduras. A report on a reconnaissance of México and British Honduras during 1947.
- MARTINEZ (M.), 1948. — Los pinos mexicanos. Ed. *Botas*, México. 361 p.
- MARROQUIN (J.-S.), 1966. — Notas sobre la distribución geografica de los especies de *Mahonia* (Berbéridacées) en el norte de México. *The South-western Naturalist*, 2 (2), 238-244.
- MULLER (C.-H.), 1937. — Plants as indicators of climate in Northest México. *Amer. Midl. Nat.*, 18, 986-1000.
- MULLER (C.-H.), 1939. — Relations of the vegetacion and climatic types in Nuevo Leon, Mexico. *Amer. Midl. Nat.*, 21 (3), 687-729.
- PUIG (H.), 1967. — Végétation de la Huasteca (ou région de Tampico), Mexique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 103 (3-4), 305-326.
- RAISZ (E.), 1964. — Landforms of Mexico prepared for the Geography Branch of the office of Naval Research. Cambridge, Mass. (carte au 1/3 000 000).

- ROBERT (M.-F.), 1973. — Contribution à l'étude des forêts de *Pinus cembroides* dans l'est du Mexique. *Thèse de spécialité*, Montpellier, 131 p.
- ROJAS MENDOZA (P.), 1965. — Generalidades sobre la vegetación del Estado de Nuevo Leon y datos acerca de su flora Tesis doctoral, México. 107 p.
- RZEDOWSKI (J.), 1965. — Vegetación del Estado de San Luis Potosi. *Act. Cie. Potos.*, 5 (1-2), 291 p.