

M.-F. PASSINI
31 rue de Poissy
75005 PARIS
UNIVERSITE PARIS VI
38e section

ACADEMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

T H E S E

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
pour obtenir le grade de Docteur de Spécialité (ECOLOGIE)

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES FORETS DE PINUS CEMBROIDES
DANS L'EST DU MEXIQUE

par

Marie - Françoise ROBERT

Soutenue publiquement le Juillet 1973 devant la Commission d'Examen.

JURY : M. CH. SAUVAGE Président
M. M. GODRON }
M. H. PUIG } Assesseurs

ACADEMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

THESE

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
pour obtenir le grade de Docteur de Spécialité (ECOLOGIE)

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES FORETS DE PINUS CEMBROIDES
DANS L'EST DU MEXIQUE

par

Marie - Françoise ROBERT

Soutenu publiquement le Juillet 1973 devant la Commission d'Examen.

JURY :	M. CH. SAUVAGE	Président
	M. M. GODRON	} Assesseurs
	M. H. PUIG	

LISTE DES PROFESSEURS
DE L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DU LANGUEDOC

PRESIDENT J. ROUZAUD

Vice-Présidents B. CHARLES G. SAUMADE

Doyens honoraires de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc

P. MATHIAS
B. CHARLES
A. CASADEVALL

Professeurs honoraires de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc

R. JACQUES	G. DENIZOT	M. MOUSSERON
M. CASTERAS	J. GRANIER	P. CHATELAIN
E. CARRIERE	Ch. BOUHET	A.M. VERGNOUX
E. TURRIERE	J. MOTTE	
C. CAUQUIL	J. SALVINIEN	

Secrétaire Général E. SIAU

Professeurs titulaires

M. J.P. ROIG	Physique
Mlle O. TUZET	Zoologie
M. G COUCHET	Mécanique supérieure
M. J. AVIAS	Géologie
M. P. VIELES	Chimie
M. R. MAURY (I.P.A.)	Droit
M. E. KAHANE	Chimie biologique
M. J.J. MOREAU	Mécanique rationnelle
M. B. CHARLES	Mathématiques pures
M. R. JOUTY	Physique
M. R. LEGENDRE	Zoologie
M. I. ASSENMACHER	Physiologie animale
M. B. PISTOULET	Physique
M. Ch. ROUMIEU	Analyse supérieure
M. J. ROBIN	Physique
M. A. POTIER	Chimie minérale
M. R. LAFONT	Physique

M.	R. JACQUIER	Chimie
M.	J. FALGUEIRETTES	Minéralogie
M.	J. REGNIER	Chimie
Mme	J. CHARLES	Mathématiques
M.	P. CAILLON	Physique
M.	J. ROUZAUD	Chimie
M.	Ch. SAUVAGE	Botanique
M.	H. CHRISTOL (E.N.S.I.)	Chimie
Mme	G. VERNET	Biologie animale
M.	L. CECCHI	Physique
M.	H. ANDRILLAT	Astronomie
M.	M. SAVELLI	Physique
M.	M. MATTAUER	Géologie
M.	L. EUZET	Zoologie
M.	C. DELOUPY	Physique
M.	L. GRAMBAST	Botanique
M.	A. BONNET	Botanique
M.	G. LAMATY	Chimie
M.	R. MARTY	Psychophysiologie
Mme	S. ROBIN	Physique
M.	R. CORRIU (I.U.T.)	Chimie
Mme	N. PARIS	Physiologie végétale
M.	J. ZARZYCKI	Sciences des matériaux (Physique du Solide)
M.	S. GROMB	Chimie physique
M.	F. SCHUE	Chimie organique
M.	M. MAURIN	Chimie minérale
M.	P. SABATIER	Mathématiques
M.	L. THALER	Paléontologie
M.	E. GROUBERT	Physique
M.	M. ROUZEYRE	Physique

Professeurs sans chaire :

M.	G. TOURNE	Chimie
M.	J. REMY	Géologie

M.	P. DEMANGEON	Géologie
Mme	H. GUASTALLA	Biologie physico-chimique
M.	R. LENEL	Biologie animale
M.	F. PROUST	Géologie
M.	A. BASSOMPIERRE	Physique
M.	N. ROBY	Mathématiques
M.	R. GAUFRES	Chimie
M.	J. PARIS	Zoologie
M.	G. BOUGNOT	Physique
M.	P. MOLINO	Mathématiques
M.	J. LEGRAND	Physiologie animale
M.	R. JONARD	Botanique
M.	R. CANO (I.U.T.)	Mesures physiques
M.	J.P. FILLARD (I.U.T. NIMES)	Génie électrique
M.	J.M. MORETTI	Biochimie
M.	J.L. IMBACH	Chimie
M.	H. MATHIEU	E.E.A. Electronique
M.	C. DURANTE	Automatique
M.	L. GIRAL	Chimie organique
M.	M. AMANIEU (Sciences et Techniques)	Hydrologie et mariculture
M.	M. DENIZOT	Biologie végétale
M.	B. BRUN	Chimie physique
M.	J.D. BAYLE	Physiologie animale
M.	G. LECOY (I.U.T.)	Génie électrique

Professeurs associés

M.	E. AKUTOWICZ	Mathématiques
M.	A. MICALI	Mathématiques
M.	C. VAGO	Biologie animale
M.	L. DAUZIER	Physiologie animale
M.	F. WINTERNITZ	Chimie organique
M.	R. SENOUILLET	Economie et gestion
M.	C. MAURIN	Biologie animale

REMERCIEMENTS

Ce travail au Mexique a été possible grâce aux crédits du C.N.R.S. dont j'ai bénéficié comme chargée de Mission à la R.C.P. 48 dirigée par Monsieur le Professeur STRESSER-PEAN. Je le remercie de l'accueil bienveillant qu'il m'a réservé à chacun de mes séjours. dans ce pays.

C'est Monsieur le Professeur RUELLAN qui éveilla mon intérêt pour les pays d'Amérique latine ; Monsieur le Professeur MONBEIG m'encouragea à étudier le Mexique et facilita mes recherches. Que tous deux trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur SAUVAGE a dirigé cette thèse, me faisant bénéficier de sa longue expérience de botaniste. Il a guidé ma pensée avec rigueur et sollicitude, mais en me laissant une entière liberté d'esprit. Il a corrigé le texte avec une extrême patience, qu'il veuille trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur M. GODRON a relu le manuscrit ; ses remarques ont contribué à donner au texte une meilleure forme. Il a accepté de faire partie du jury, je l'en remercie vivement.

Monsieur PUIG qui m'a aidée au début de cette étude, à Zimapan (Hgo), a consacré un peu de son temps à lire et à critiquer ce travail ; il m'a fait de nombreuses suggestions. Il a accepté d'être membre du jury, et de plus, son rapporteur ; je lui adresse mon amicale reconnaissance.

Monsieur le Professeur RZEDOWSKI (+) m'a permis de travailler dans son laboratoire à Mexico. Il a déterminé et vérifié toutes les plantes collectées ; je lui exprime ici toute ma gratitude.

Le travail dans le sud de l'Etat de San Luis Potosi a été facilité par l'aide de Monsieur MEDELLIN-LEAL qui m'a permis de travailler dans les laboratoires de l'Institut (++) qu'il dirige. Je le remercie ainsi que tous ses collaborateurs. Je remercie également Monsieur le Professeur MARROQUIN (+++) qui a organisé pour moi de longues excursions.

C'est pour moi un grand plaisir de remercier aussi l'Ingénieur F. GARCIA CASTANEDA qui a facilité mes recherches, ainsi que Monsieur et Madame CABRERA dont l'aide et l'accueil chaleureux à Bledos et à San Luis Potosi m'ont été précieux. Au cours de nos conversations, ils m'ont beaucoup appris sur l'histoire et la vie du Mexique.

Les dessins ont été faits par Monsieur PASSINI, ses encouragements m'ont été précieux pour mener à bien le travail commencé.

Je ne saurais oublier tous les collaborateurs du Laboratoire de Systématique et Géobotanique méditerranéennes où j'ai trouvé un accueil sympathique et des moyens de travail.

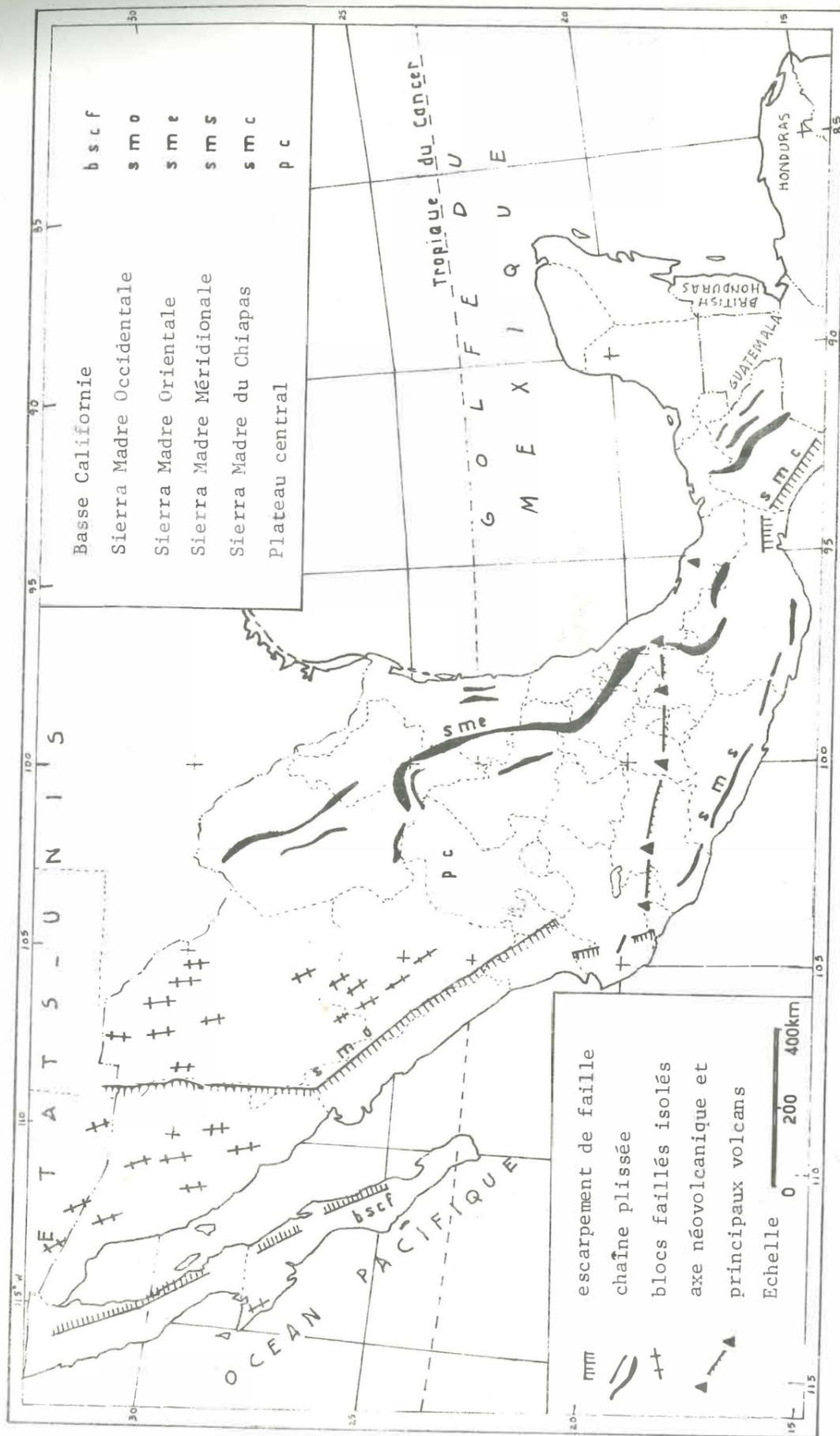
Ma reconnaissance va aussi à Madame HALLE et à toutes les personnes de l'Institut de Botanique de Montpellier qui ont permis la réalisation de ce travail.

+ Escuela Nacional de Ciencias Biologicas, I.P.N., Mexico
++ Instituto de Investigacion de Zonas Deserticas, San Luis Potosi.
+++ Escuela de Ciencias Biologicas de la Universidad de Nuevo Leon.

TABLE DES MATIERES

	Pages
Introduction	1 à 4
Chapitre I. Généralités sur <u>Pinus cembroides</u> au Mexique	5
I-1 - Aire de distribution de <u>Pinus cembroides</u> au Mexique	5 à 6
II - Géologie des régions étudiées	6 à 7
III - Climat	8
III - 1 - Température	9 à 10
III - 2 - Précipitations	11 à 12
III - 3 - Diagrammes ombrothermiques	12 à 13
III - 4 - Conclusion	13
IV - <u>Pinus cembroides</u> dans l'ensemble des formations végétales de la région étudiée	14 à 16
Chapitre II. Les forêts de <u>Pinus cembroides</u> de l'est du Mexique	17
Remarque préliminaire	17 à 18
I - Différents types de situation	19 à 26
II - Essai de classification	27
II - 1 - Types physiologiques	27
II - 1.1 - Structure globale	27 à 29
II - 1.2 - Influence de l'homme	29 à 30
II - 1.3 - Espèces dominantes autres que <u>Pinus cembroides</u>	30 à 32
II - 2 - Types floristiques	32 à 38
III - Limite altitudinale de la forêt de <u>Pinus cembroides</u>	39
Conclusion	40
Chapitre III. La forêt de <u>Pinus cembroides</u> dans la Sierra de San Miguelito (S.L.P.)	41
Preliminaire	41

I - Situation et structure de la Sierra de San Miguelito (S.L.P.)	42 à 43
II - La forêt de <u>Pinus cembroides</u>	44
II - 1 - Limites inférieure et supérieure	44 à 52
II - 2 - Les sols	53 à 55
II - 3 - Types floristiques	56 à 61
II - 4 - L'influence humaine	61 à 67
III - Essai de synthèse : climax et évolution probable de la forêt de <u>Pinus cembroides</u> de la Sierra de San Miguelito	68 à 72
Conclusion	73 à 75
Photographies	76 à 81
Bibliographie	82 à 86
Annexe 1 Classification des climats selon KOPPEN modifiée par E. GARCIA, 1971	87 à 89
Annexe 2 Conditions stationnelles des relevés 1 à 13 (relevés étudiés dans le Chap. II)	90 à 94
Annexe 3 Les relevés floristiques 1 à 13 (Chap. II - 2.2.)	95 à 99
Annexe 4 Relevés floristiques de la Sierra de San Miguelito (S.L.P.)	100 à 116
Annexe 5 Transect E-0 au niveau de San Francisco (Sierra de San Miguelito)	117 à 119
Annexe 6 Données sur les plantations de <u>Pinus cembroides</u> en Afrique du sud et à Mexico	120
Annexe 7 Production de graines de pin (pinones) dans l'est du Mexique	121
Annexe 8 Liste alphabétique des plantes	122 à 131



CARTE 1 RELIEF DU MEXIQUE

d'après C. Bataillon 1968
modifié par M.F. Robert

INTRODUCTION

Le Mexique offre une grande variété de milieux naturels ; il le doit à son relief, à sa latitude, et à la proximité de deux masses d'eau : l'Océan Pacifique et le Golfe du Mexique. Les éléments principaux du relief (carte 1) sont deux chaînes montagneuses de direction générale NW - SE : la Sierra Madre Occidentale, prolongement des Montagnes Rocheuses et la Sierra Madre Orientale dont une partie des plis bifurque au niveau de Monterrey et forme une montagne transversale, dirigée E - W. Au Nord de cette montagne, et entre les deux chaînes, s'étend une zone de bassins et de chaînons, considérée comme une extension vers le sud de celle du Texas et du Nouveau Mexique ; c'est une vaste surface de montagnes et de blocs faillés, de direction NW - SE, séparés par des bassins où sont accumulées des alluvions quaternaires. Au sud de la montagne transversale, s'étend le Plateau central dont l'altitude moyenne est de 2.100 m. Ce plateau se confond au sud avec l'axe néo-volcanique qui coupe le Mexique d'est en ouest ; dans la zone volcanique, se situent les montagnes les plus hautes du Mexique. Au-delà de l'axe néo-volcanique, vers le sud s'étendent à l'est, des massifs rocheux, prolongements de la Sierra Madre Orientale, et à l'ouest, la Sierra Madre Méridionale et la Sierra des Chiapas.

La végétation naturelle du Mexique est distribuée selon ces grandes lignes du relief. Les plaines côtières du Golfe du Mexique et de l'Océan Pacifique sont des terres chaudes occupées par une végétation tropicale. Au-dessus de 1.400 m, sur les versants externes des Sierras Madre Orientale et Occidentale, la forêt tropicale est remplacée par la forêt de pins et de chênes, forêt dite tempérée (1) (l'altitude tempère les effets du climat). Les forêts tempérées occupent aussi les versants internes des Sierras, l'axe néo-volcanique

(1) Dans la suite du texte, l'expression " forêt tempérée " sera utilisée bien qu'il s'agisse de forêts tropicales d'altitude qui reçoivent des précipitations supérieures à 700 mm annuels.

Photo 1 L

Photo 2 L

la Sierra des Chiapas et de nombreux chaînons du Plateau central. Les bassins du nord et une grande partie du Plateau central sont occupés par une végétation xérophytique : sur les conglomérats quaternaires des bassins, ce sont surtout des buissons bas à Larrea tridentata ; ailleurs, des formations où dominent, à côté des plantes ligneuses comme Prosopis sp., Acacia sp.; des plantes succulentes (Agave, Opuntia, Myrtillocactus,). Cette végétation xérophytique passe aux forêts de Conifères et de chênes qui occupent les versants intérieurs des deux Sierras ; le passage progressif est souvent assuré par des forêts basses et ouvertes de Pinus cembroides. Pinus cembroides (photo 1) est un arbre de 5 à 15 m, atteignant rarement 10 m sur des terrains très secs. Les grosses branches partent du tronc, assez près de la base de celui-ci. Les aiguilles, longues en moyenne de 5 cm, sont groupées le plus souvent par 2, mais il n'est pas rare de trouver des fascicules à 3 ou 5 aiguilles.

Les cônes (photo 2) mûrissent en deux ans ; ils sont sessiles et sub-globuleux, leur diamètre varie de 5 à 7 cm. Ils sont caduques et contiennent 5 à 20 graines, sans ailes, sub-cylindriques, dont la taille moyenne est de 1,5 x 0,8 cm (GAUSSEN, 1960). Ces graines, comestibles et agréables au goût, sont appelées " pinones (MARTINEZ, 1959). Pinus cembroides fournit 90 % de la récolte de pinones du Mexique.

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, gelée en hiver, quantité de pluie annuelle variable), ce

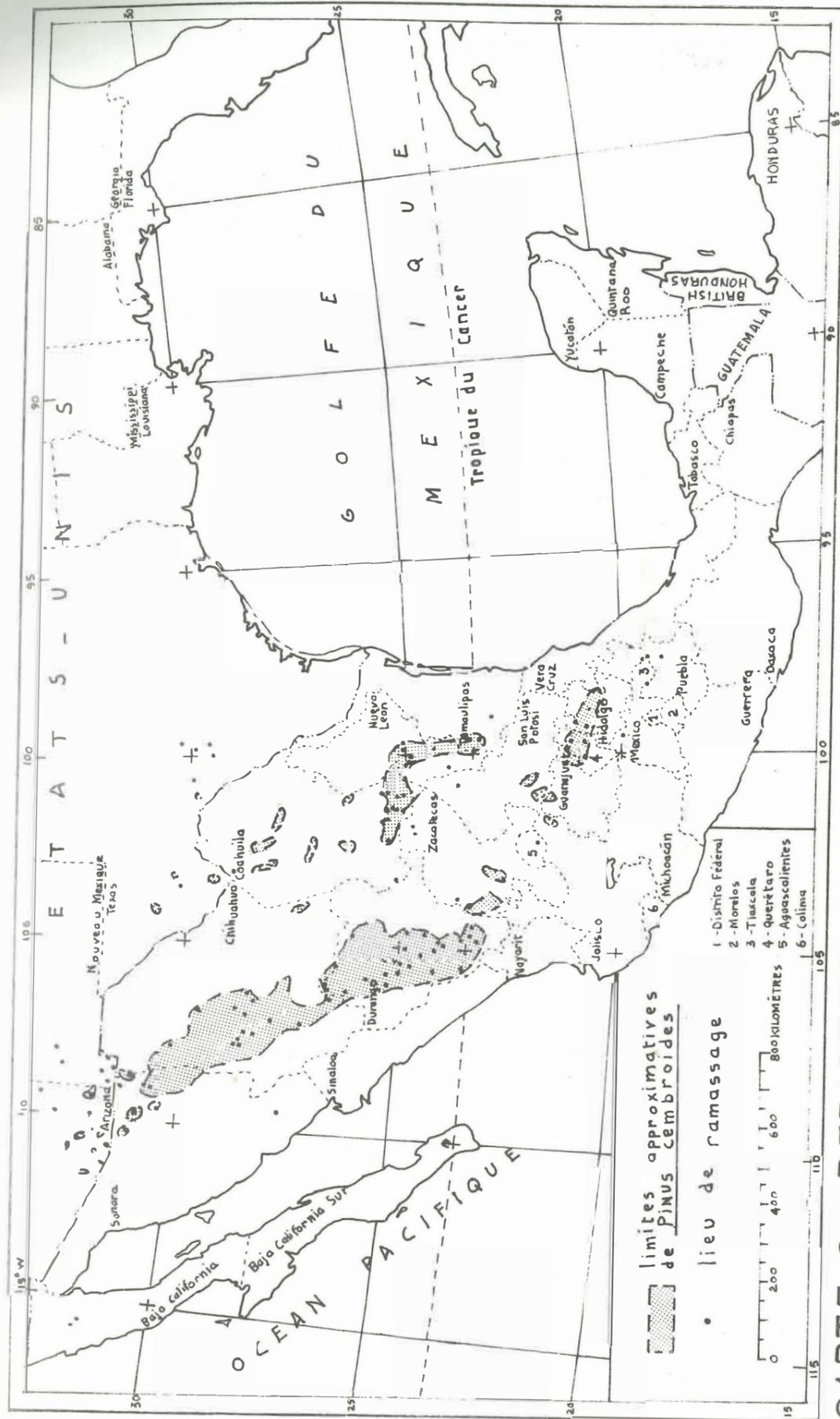
Photo 1. - Pinus cembroides haut de 6 m (environ de ZIMAPAN, Hgo).

Photo 2. - Détail de l'extrémité d'une branche de Pinus cembroides : aiguilles longues de 5 cm, groupées par 2 ou 3. cônelets et cônes d'un an.

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. Le présent mémoire est le fruit de mes recherches effectuées au cours de trois séjours de quatre mois au Mexique durant les étés 1969, 1970 et 1971.

=====

N.B. La liste des noms de plantes, les familles auxquelles elles appartiennent et l'abréviation du nom de l'auteur des espèces constituent l'annexe 8.



CARTe 2 REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE PINUS CEMBROIDES AU MEXIQUE

d'après Critchfield et Little 1966
mise à jour par M.F. Robert

GENERALITES SUR PINUS CEMBROIDES ET LES REGIONS ETUDIEES . . .

I . Aire de distribution de Pinus cembroides au Mexique

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 au 32° N. et du 98° W au 116° W. L'observation de la carte 2 montre qu'il y est amplement représenté : 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 ; le versant occidental de la Sierra Madre Orientale, au nord du Tropicque du Cancer et les parties basses de la montagne transversale. Au Sud du Tropicque 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.

Carte 2 . - Répartition géographique de Pinus cembroides au Mexique.
d'après CRITCHFIELD et LITTLE, 1966; mise à jour par
M.F. ROBERT.

Au début de cette étude, les documents dont nous disposions sur l'ouest du Mexique étaient peu nombreux, c'est pourquoi nous l'avons limitée aux forêts de *Pinus cembroides* de l'est du Mexique. La zone étudiée s'étend au sud-est du Coahuila, sud du Nuevo Leon, San Luis Potosi, Guanajuato, Hidalgo et Puebla ; elle est représentée sur la carte 3.

II . Géologie des régions étudiées

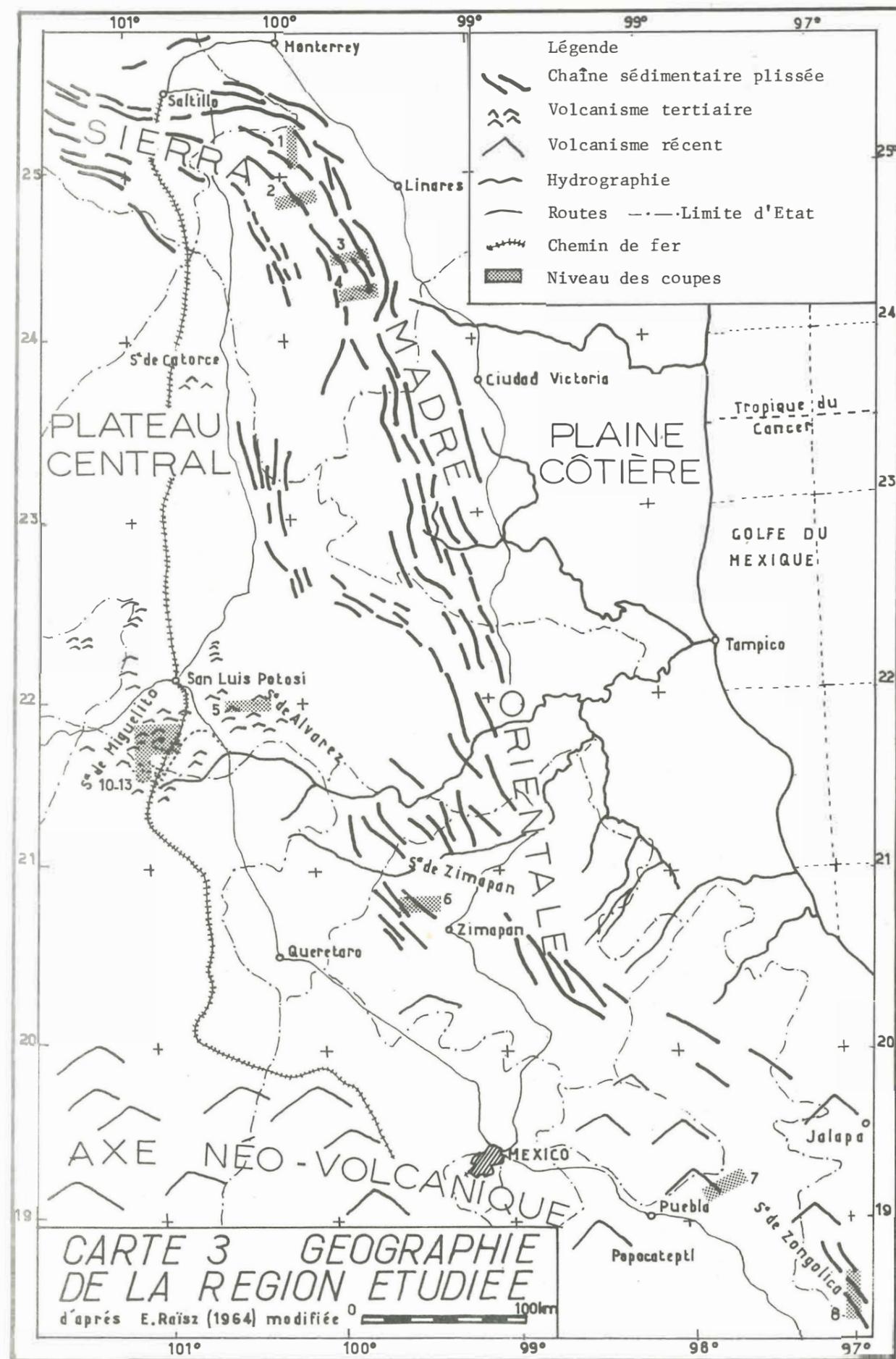
Les forêts étudiées se situent, les unes sur les versants internes de la Sierra Madre Orientale, les autres sur le Plateau central.

La Sierra Madre Orientale débute au sud du Texas et s'étend jusqu'au Chiapas ; c'est une chaîne plissée, de direction générale N - NW - S - SE ; dans la région de Monterrey et de Saltillo, les arcs anticlinaux sont brutalement orientés vers l'ouest. AU N.W. de Monterrey s'étendent des chaînes plissées, basses et des collines. Entre Monterrey et Ciudad Victoria, l'altitude de la Sierra atteint parfois 4.000 m.

La Sierra Madre Orientale est formée de sédiments secondaires marins, plissés dans la phase tectonique pyrénéenne, c'est-à-dire, à l'Eocène supérieur. On y distingue, d'est en ouest, quatre domaines tectoniques : le front de la Sierra au-dessus de la plaine côtière, la zone interne, la zone centrale et la zone externe à l'ouest. La zone externe est constituée d'anticlinaux et de synclinaux

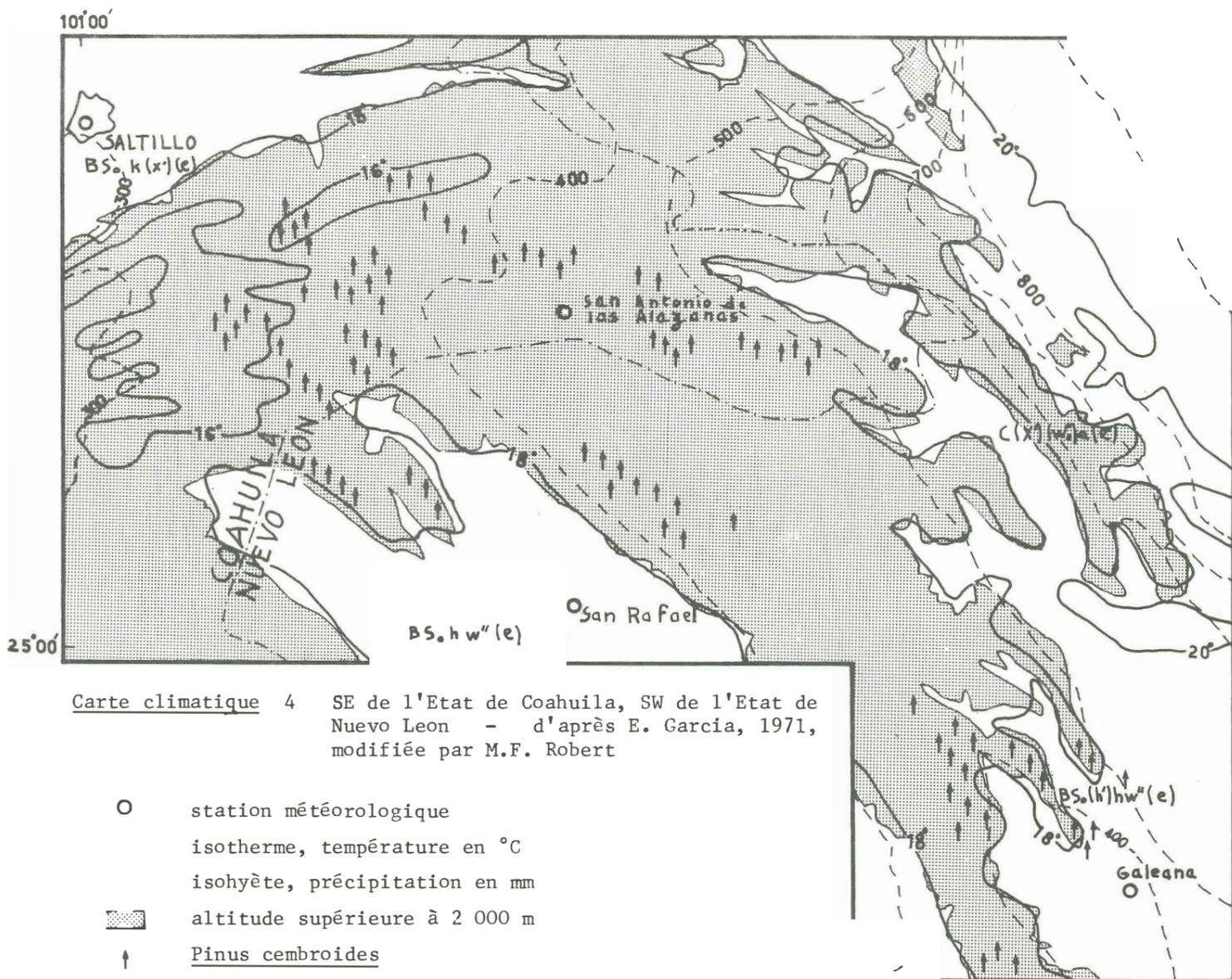
Carte 3 .- Géographie de la région étudiée.

D'après E. RAISZ (1964) modifiée.



dissymétriques. La transition de cette zone avec le Plateau est insensible. A la zone externe de la Sierra Madre Orientale, on peut rattacher la Sierra de Zimapan, la Sierra de Zongolica et la Sierra de Catorce. La Sierra de Alvarez (San Luis Potosi) appartient à la zone de contact entre le Plateau et la Sierra Madre. C'est une zone imprécise où les calcaires secondaires viennent en contact avec des brèches volcaniques ; elle est riche en fluorite.

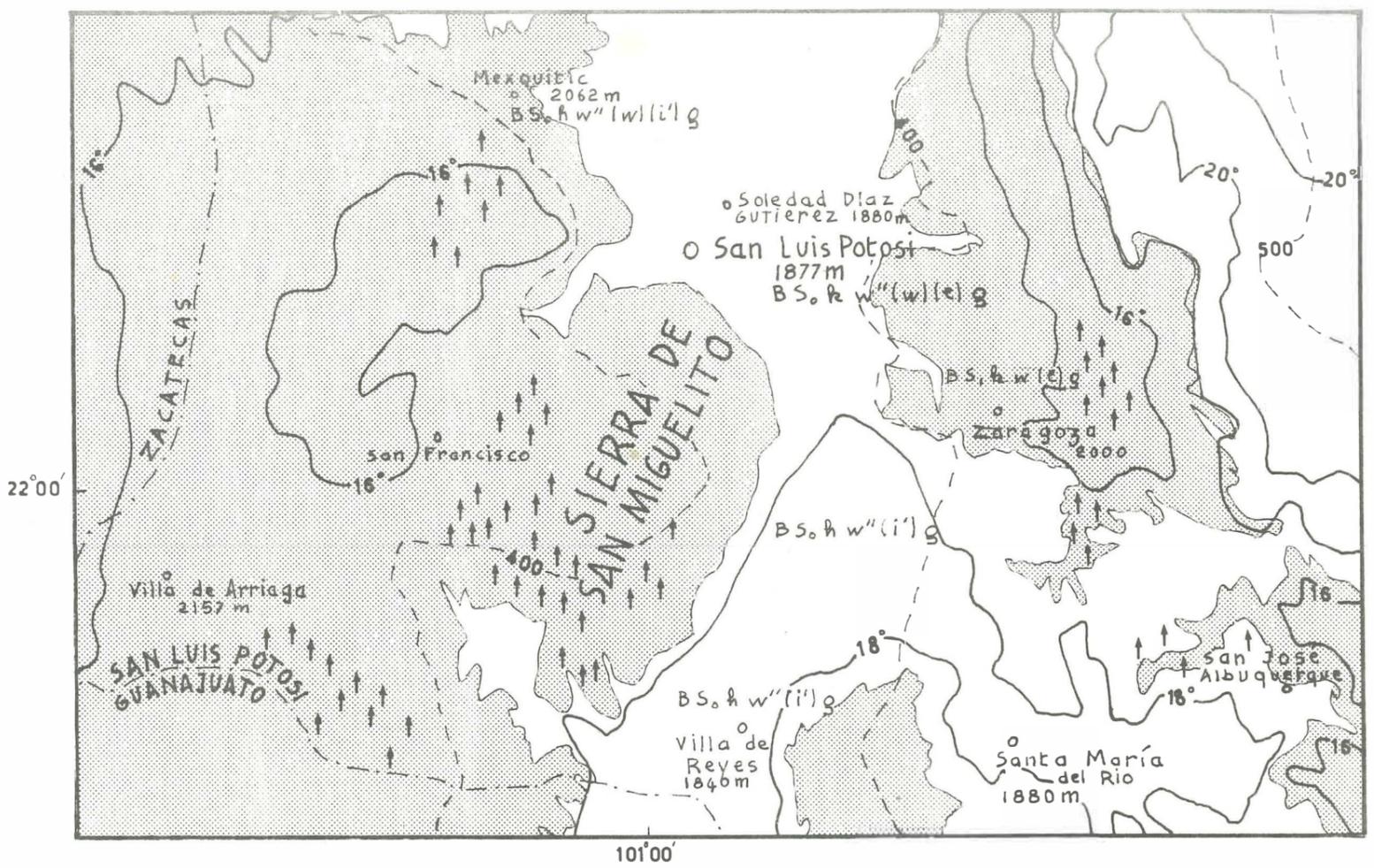
Le Plateau central est un ensemble de massifs éruptifs, séparés par de petits bassins. Le volcanisme de ces massifs est tertiaire ; ce sont généralement des massifs rhyolitiques, telles la Sierra de San Miguelito, la Sierra de Mezquitic. La géologie du Plateau est mal connue. L'érosion éolienne et hydrique ont découpé dans ces massifs des entailles profondes. Fréquemment, ils sont minéralisés en argent, étain et mercure. Les petits bassins du Plateau au nord de San Luis Potosi, sont des bassins fermés, sans drainage.



Carte climatique 4 SE de l'Etat de Coahuila, SW de l'Etat de Nuevo Leon - d'après E. Garcia, 1971, modifiée par M.F. Robert

- station météorologique
- isotherme, température en °C
- isohyète, précipitation en mm
- altitude supérieure à 2 000 m
- ↑ *Pinus cembroides*
- - - limite d'Etat

N.B. pour l'explication des formules voir annexe 1



Carte climatique 5 sud de l'Etat de San Luis Potosi
d'après E. Garcia, 1971 modifiée par M.F. Robert

- | | | | |
|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|
| o | station météorologique | ▨ | altitude supérieure à 2 000 m |
| ~ | isotherme, température en °C | - - - | limite d'Etat |
| - - - | isohyète, précipitation en mm | ↑↑↑ | <u>Pinus cembroides</u> |



Carte climatique 6

SE de l'Etat de Queretaro, NW de l'Etat d'Hidalgo.
d'après E. Garcia, 1971 modifiée par M.F. Robert.

- station météorologique
- isotherme
- - - isohyète
- température en °C
- précipitation en mm
- altitude supérieure à 2 000 m
- - - limite d'Etat
- ↑ Pinus cembroides

Echelle 1 : 500 000



III . Climat des régions étudiées

Les données météorologiques recueillies auprès du Service des Ressources Hydrauliques de Mexico (de 1960 à 1970), m'ont permis d'établir le tableau 1 et divers graphiques (2 à 9).

Dans le tableau 1, les stations sont groupées en deux zones : au nord et au sud du Tropique du Cancer, à l'intérieur de chacune d'elles, les stations sont distribuées par altitude croissante.

Les 19 stations météorologiques retenues sont portées sur les cartes climatiques 4, 5 et 6, dessinées d'après les cartes au 1/500.000 de E. GARCIA (1971), sur lesquelles figurent les isothermes et les isohyètes ; l'emplacement des forêts de Pinus cembroides y a été ajouté, ainsi que les zones dont l'altitude est supérieure à 2.000 m. La classification utilisée dans ces cartes est celle de KOPPEN, modifiée par E. GARCIA (1971). Bien que cette classification ne soit pas simple, les formules climatiques sont portées sur les cartes, car cette classification est largement employée au Mexique. La signification des formules est donnée en Annexe (Annexe 1).

La lecture de la carte 4 montre que les forêts de Pinus cembroides du Nuevo Leon se trouvent, soit entre les isothermes 16° C et 18° C, soit en dessous de l'isotherme 16° C, et entre les isohyètes 300 et 500 mm annuels. Les forêts de l'Etat de San Luis Potosi (carte 5), sont aussi localisées entre les isothermes 16° C et 18° C, ou en dessous de l'isotherme 16° C, et au-dessus de l'isohyète 400 mm annuels. Les forêts des environs de Zimapan (carte 6) sont traversées par l'isotherme 18° C et l'isohyète 400 mm. Nous essaierons de préciser ces résultats.

Carte climatique 4. - S.E. de l'Etat de Coahuila, S.W. de l'Etat de Nuevo Leon. D'après E. GARCIA (1971), modifiée par M.F. ROBERT.

Carte climatique 5. - Sud de l'Etat de San Luis Potosi. D'après E. GARCIA (1971), modifiée par M.F. ROBERT.

Carte climatique 6. - S.E. de l'Etat de Queretaro, de l'Etat d'Hidalgo. D'après E. GARCIA (1971), modifiée par M.F. ROBERT.

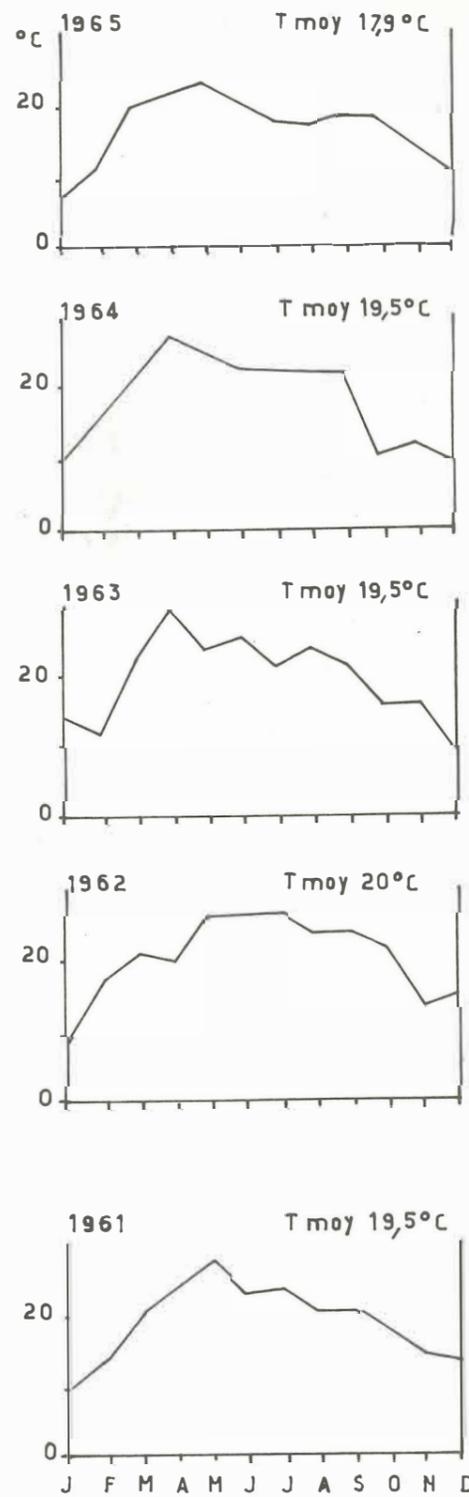
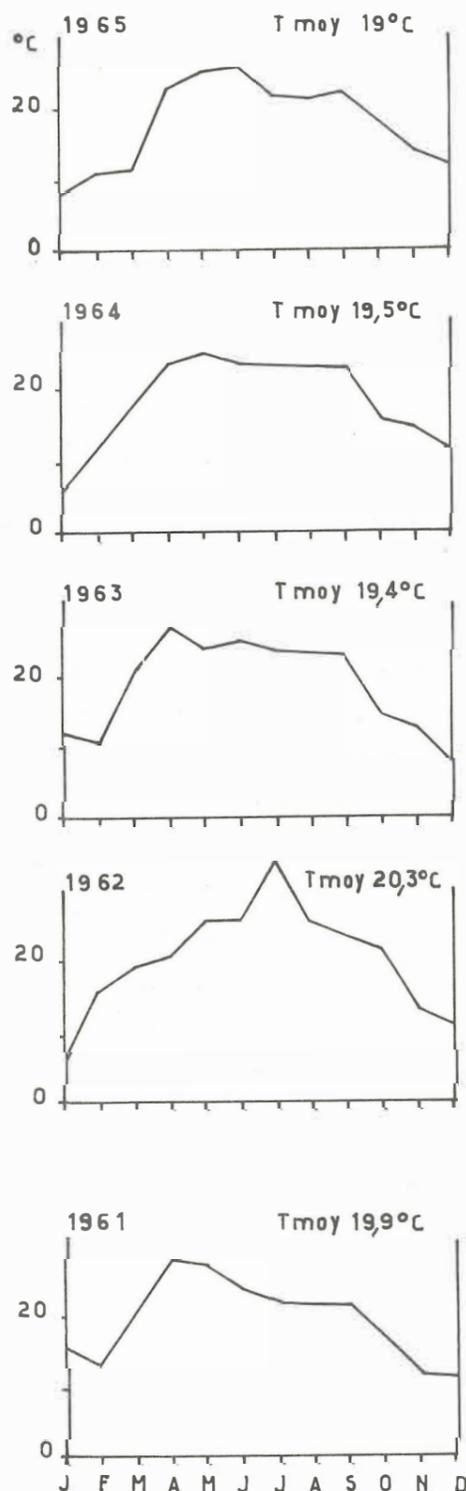
GRAPHIQUE 1

VARIATION ANNUELLE DES MOYENNES MENSUELLES DE TEMPERATURE PENDANT

LA PERIODE 1961-1965

VILLA DE REYES (S.L.P.)

ZIMAPAN (Hgo)



T moy indique la température moyenne de l'année

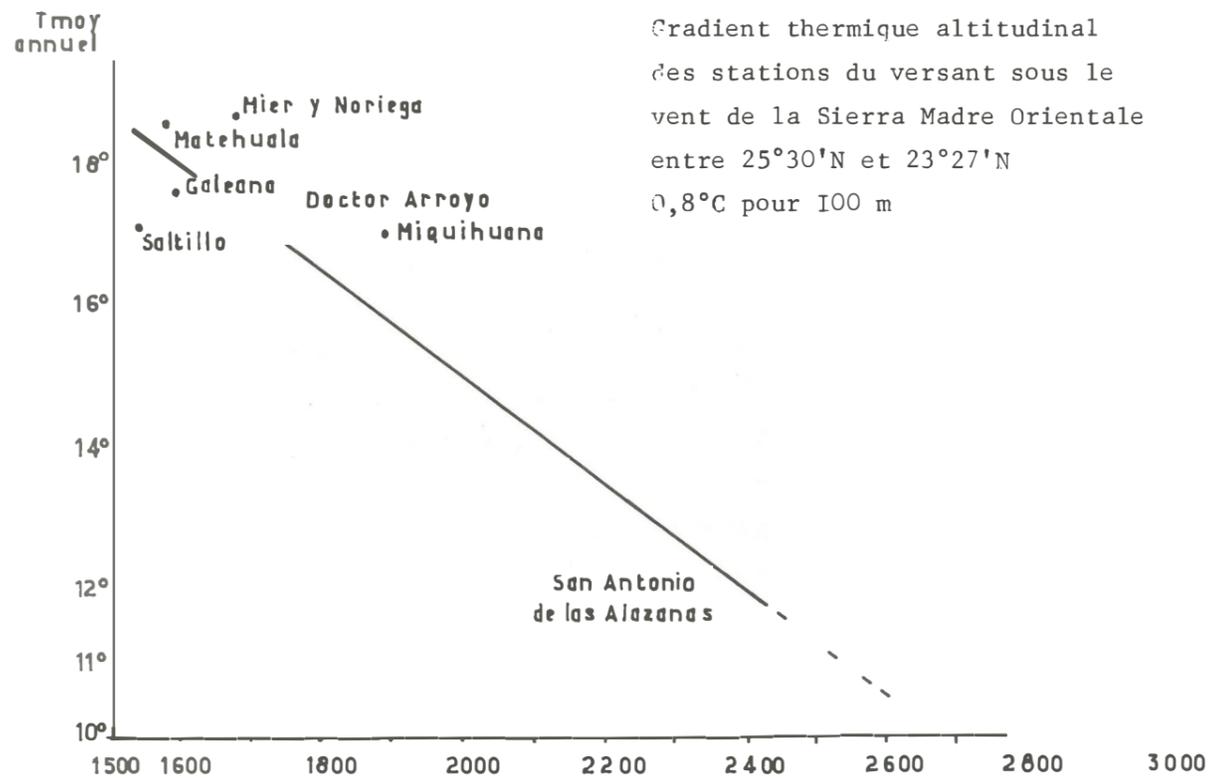
III . 1. Température

L'observation du tableau 1 montre que, dans les stations de la région étudiée, les températures moyennes annuelles varient de 12,7° C (San Antonio de las Alazanas) à 19,5° C (Dr Arroyo). L'amplitude thermique moyenne annuelle (différence entre la température moyenne du mois le plus froid et la température moyenne du mois le plus chaud) se situe entre 6° C et 12,5° C ; il faut remarquer que cette amplitude thermique diminue en descendant au sud du Tropique du Cancer. Le nombre de jours de gelée diminue aussi : il gèle environ 6 jours par an à Zimapan, alors qu'il gèle, en moyenne, 86 jours par an à San Antonio de las Alazanas, à 2.138 m ; mais, au nord du Tropique du Cancer. Le mois le plus froid est - sauf à Matehuala - le mois de janvier, et la température moyenne de ce mois est toujours supérieure à 7° C. Le mois le plus chaud est le mois de juin pour 9 des stations retenues, le mois de mai pour 8 stations, le mois de juillet pour deux stations d'ailleurs situées au nord du Tropique du Cancer.

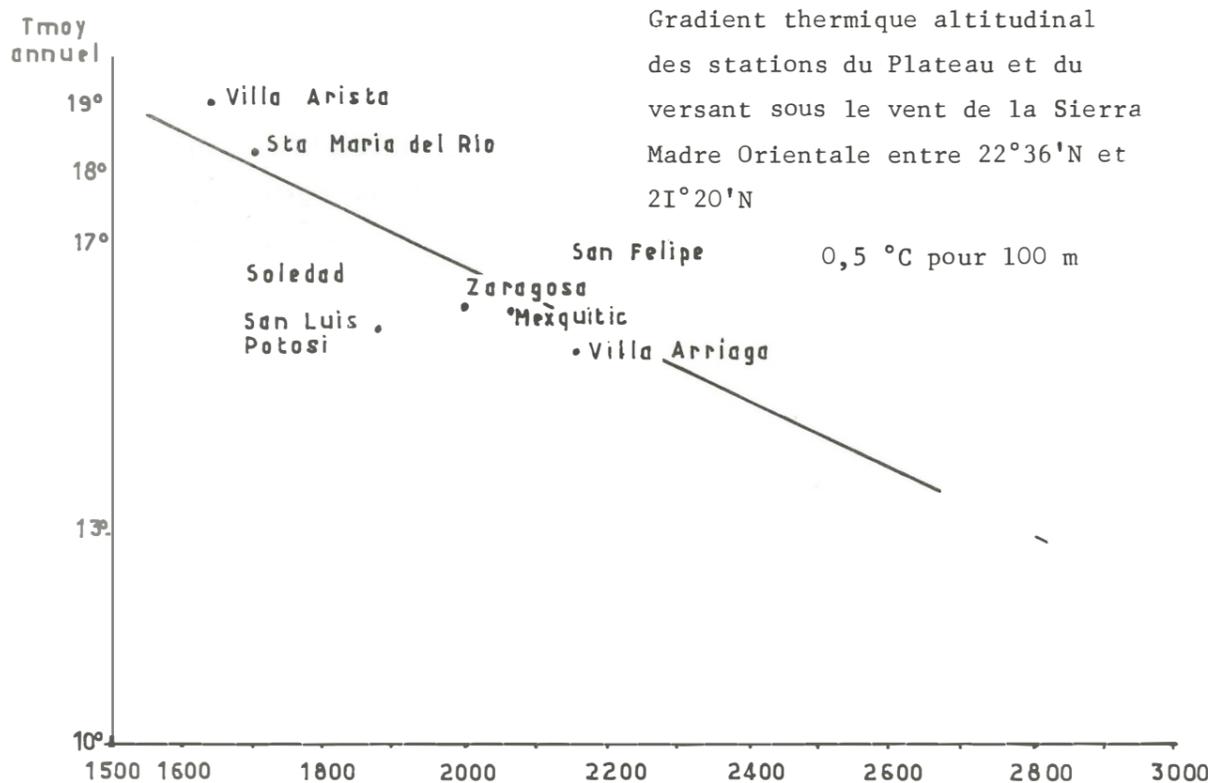
Les températures moyennes mensuelles subissent d'une année à l'autre des variations de faible amplitude ; le graphique I est établi pour les stations de Villa de Reyes et de Zimapan durant la période 1961 - 1965. Dans ces deux stations, le mois le plus froid est soit janvier, soit décembre, avec des températures moyennes comprises entre 13° C et 13,5° C. A Villa de Reyes, le mois le plus chaud est, selon les années, avril, mai, juin ou juillet, avec des températures moyennes de 22,5 à 27° C. A Zimapan, le mois le plus chaud est habituellement le mois de mai, parfois avril ou juillet, les températures moyennes étant comprises entre 20 et 24,5° C.

Graphique I.- Variation annuelle des moyennes mensuelles de température pendant la période 1961 - 1965.

GRAPHIQUE 2



GRAPHIQUE 3



Il est bien connu que la température diminue lorsque l'altitude augmente ; pour connaître la valeur du gradient thermique altitudinal, j'ai établi les graphiques 2 et 3. Le graphique 2 regroupe des stations comprises entre 25° 30' N et 23° 27' N ; d'après ce graphique, la température diminuerait de 0,8° C pour 100 m ; à 2.700 m la température moyenne annuelle serait de 10° C. Ce résultat est discutable, car dans ce graphique, il y a seulement une station voisine de 2.000 m. Le graphique 3 est établi pour des stations de l'Etat de San Luis Potosi (carte 5), toutes situées à l'ouest de la Sierra Madre Orientale, entre 22° 36' N et 21° 20' N ; la température diminuerait de 0,5° C pour une élévation de 100 m ; ce gradient coïncide à peu près avec celui de RZEDOWSKI (1965), qui trouvait pour le plateau et le versant sous le vent de la Sierra Madre Orientale un gradient de 0,43 en utilisant un nombre beaucoup plus élevé de stations. Dans cette région, à 2.700 m, la température moyenne annuelle serait de 13,5° C. Les deux gradients thermiques sont très différents quand l'altitude augmente, la température diminue plus brutalement au Nord du Tropique du Cancer qu'au Sud, ceci pour le versant sous le vent de la Sierra Madre Orientale et le plateau central ; mais, aux réserves faites sur le gradient de la région nord, j'ajouterai que les données de certaines stations sont douteuses (Galeana), et qu'un plus grand nombre de stations serait souhaitable ; mais, elles n'existent pas près des forêts de Pinus cembroides.

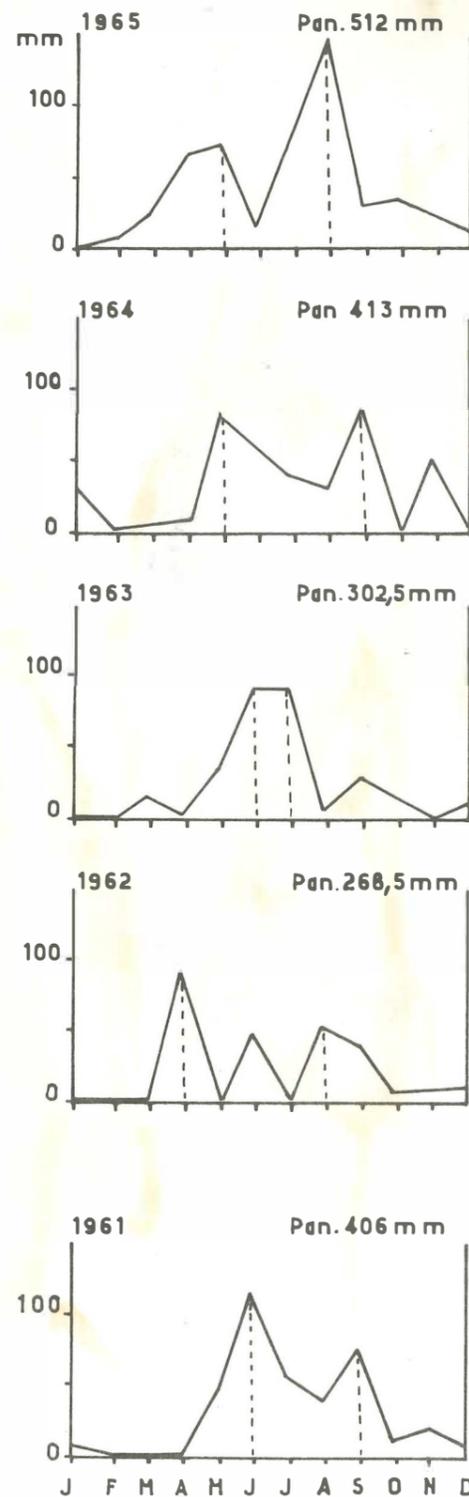
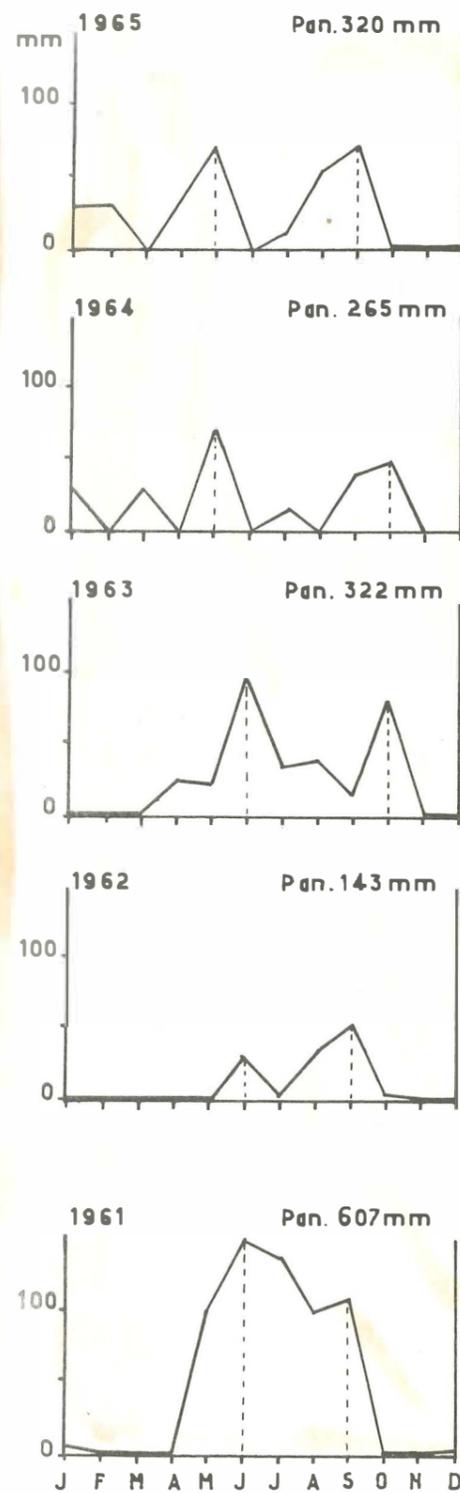
Graphique 2.- Gradient thermique altitudinal des stations du versant sous le vent de la Sierra Madre Orientale, entre 25° 30' N et 23° 27' N.

Graphique 3.- Gradient thermique altitudinal des stations du plateau et du versant sous le vent de la Sierra Madre Orientale, entre 22° 36' N et 21° 20' N.

VARIATION DU RYTHME ANNUEL DES PLUIES PENDANT LA PERIODE 1961-1965

VILLA DE REYES (S.L.P.)

ZIMAPAN (Hgo)



III . 2. Précipitations

La lecture du tableau 1 fait apparaître que les précipitations moyennes annuelles varient de 260 mm (Galeana) à 560 mm (Matehuala) ; dans dix des 19 stations étudiées, le mois le plus humide est le mois de juin ; pour deux stations, c'est le mois de juillet ; pour quatre, le mois d'août, et pour trois autres, le mois de septembre. Les pluies tombent donc, soit de la fin du printemps au début de l'automne, soit pendant l'été. Dans sept stations, le mois le plus humide est aussi le mois le plus chaud. Le mois le moins humide est janvier dans deux stations, février dans quatre, novembre pour douze stations, et enfin décembre à la station de Cadereyta. Donc, les mois les moins humides se situent, pour l'ensemble des stations, pendant l'hiver. Les courbes des précipitations moyennes annuelles (graphiques 5 à 9) présentent, généralement, deux maxima ; le premier se situe en juin dans toutes les stations, le second, soit en août soit en septembre.

Mais, les précipitations sont très variables d'une année à l'autre dans une même station, comme le montre le graphique 4, établi pour Villa de Reyes et Zimapan, entre 1961 et 1965. A Villa de Reyes, il est tombé 607 mm de pluie en 1961, répartis entre mai et septembre ; 143 mm en 1962. La courbe des précipitations accuse parfois un pic en mars (Villa de Reyes, 1964) ou en avril (Zimapan, 1962) ; cette pluie de printemps doit avoir un effet bénéfique sur la végétation. Mais, les précipitations, même faibles certaines années, ont lieu essentiellement entre mai et octobre, donc pendant les périodes les plus chaudes.

Graphique 4.- Variation du rythme annuel des pluies pendant la période 1961 - 1965.

Il faut ajouter que la manière dont la pluie tombe a une grande importance : 50 mm tombés brutalement en une journée n'auront pas le même effet que 50 mm tombés lentement en plusieurs jours. Or, les pluies d'été sont souvent torrentielles; elles provoquent rapidement des inondations et une forte érosion des sols.

III . 3. Diagrammes ombrothermiques

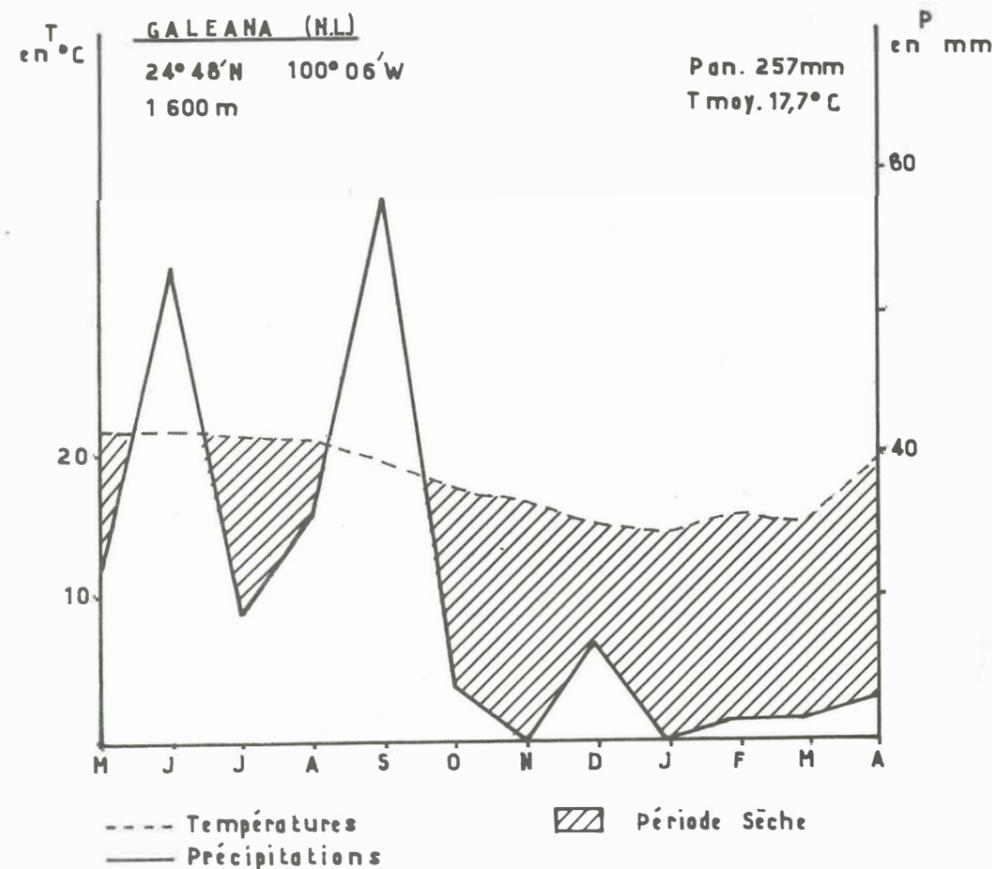
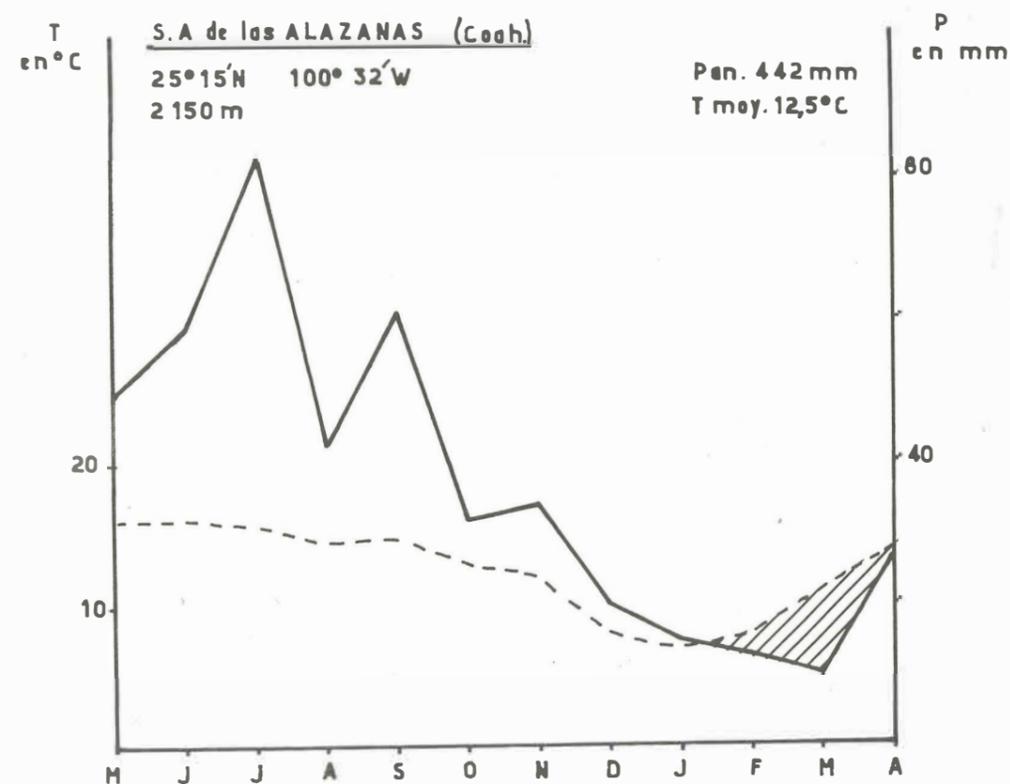
Si l'on essaie de connaître les conditions climatiques qui affectent une formation végétale, il n'est pas suffisant de considérer séparément les températures et les précipitations. Ce qui est utile pour la plante, c'est l'eau disponible dans le sol ou dans l'air ; le jour ou le mois seront secs pour le végétal si la différence entre la quantité d'eau perdue par le végétal et par le sol est supérieure à la quantité d'eau disponible. La quantité d'eau perdue est variable selon la température de l'air et son degré hygrométrique.

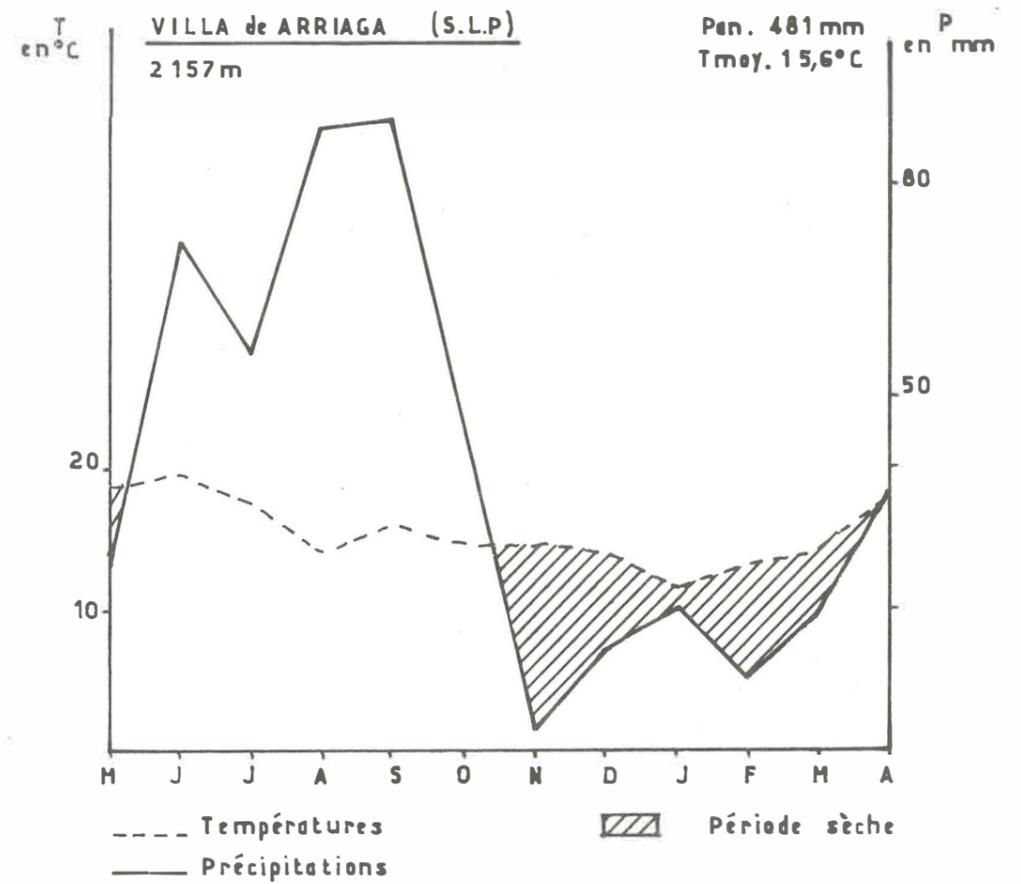
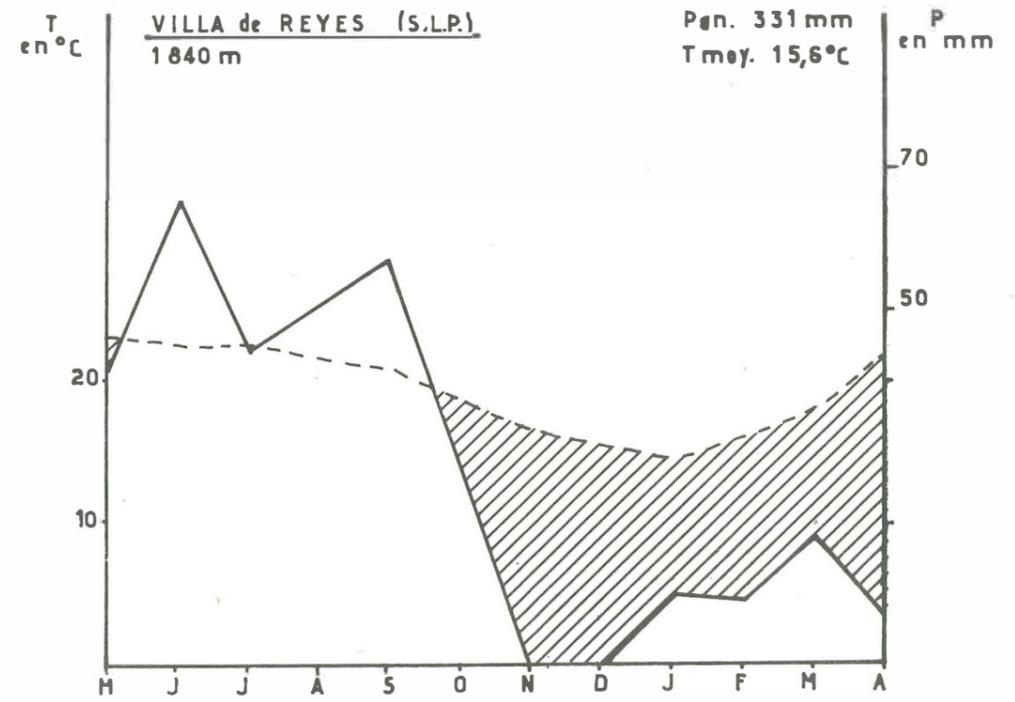
Nous ne disposons d'aucune mesure d'évapo-transpiration. Mais, nous avons les données annuelles de T et de P ; nous avons tracé pour un certain nombre de stations, les plus proches des forêts étudiées, des diagrammes ombrothermiques selon la méthode de Bagnouls et Gaussen. Nous admettons, comme ces auteurs (1953), qu'un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle, exprimée en degrés centigrades $P \leq 2 T$ ". Ces diagrammes (graphiques 5 à 9) montrent que le nombre des mois secs est de :

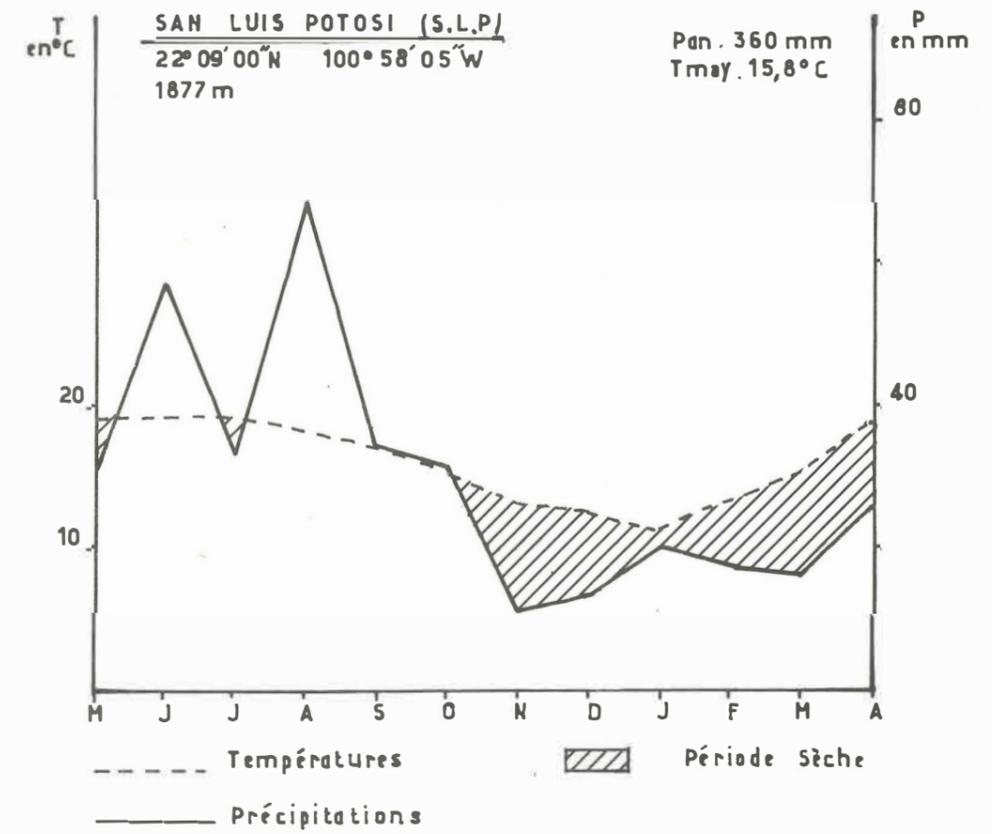
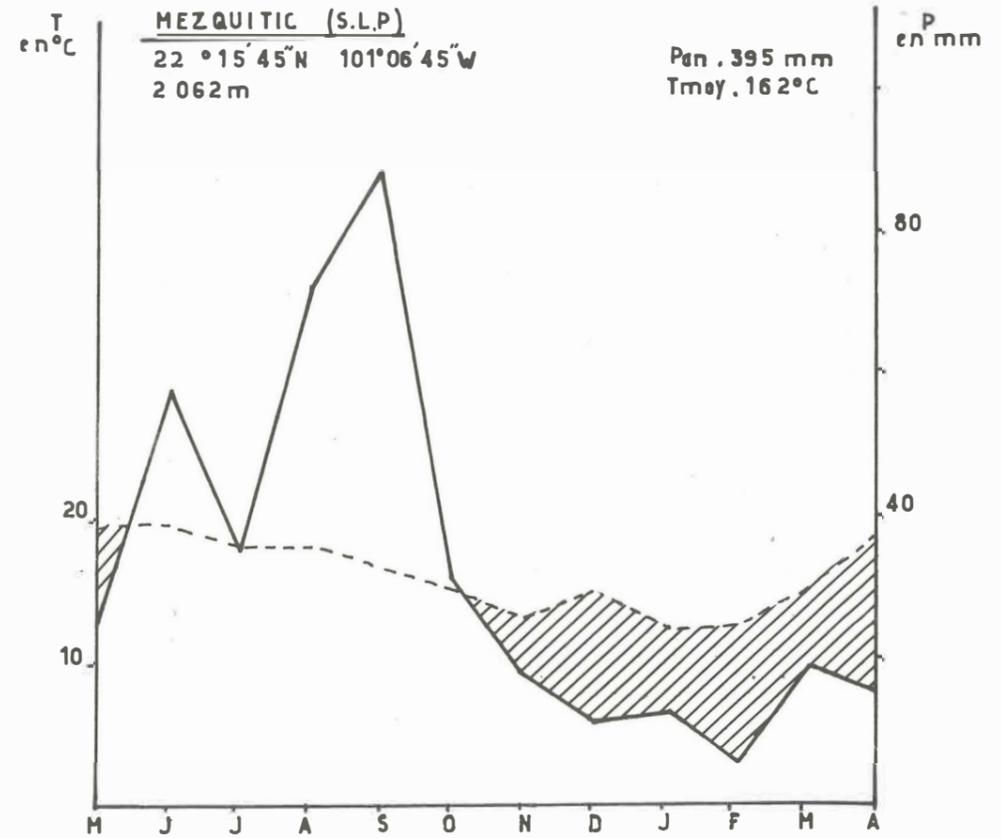
Graphiques 5 à 9.- Diagrammes ombrothermiques.

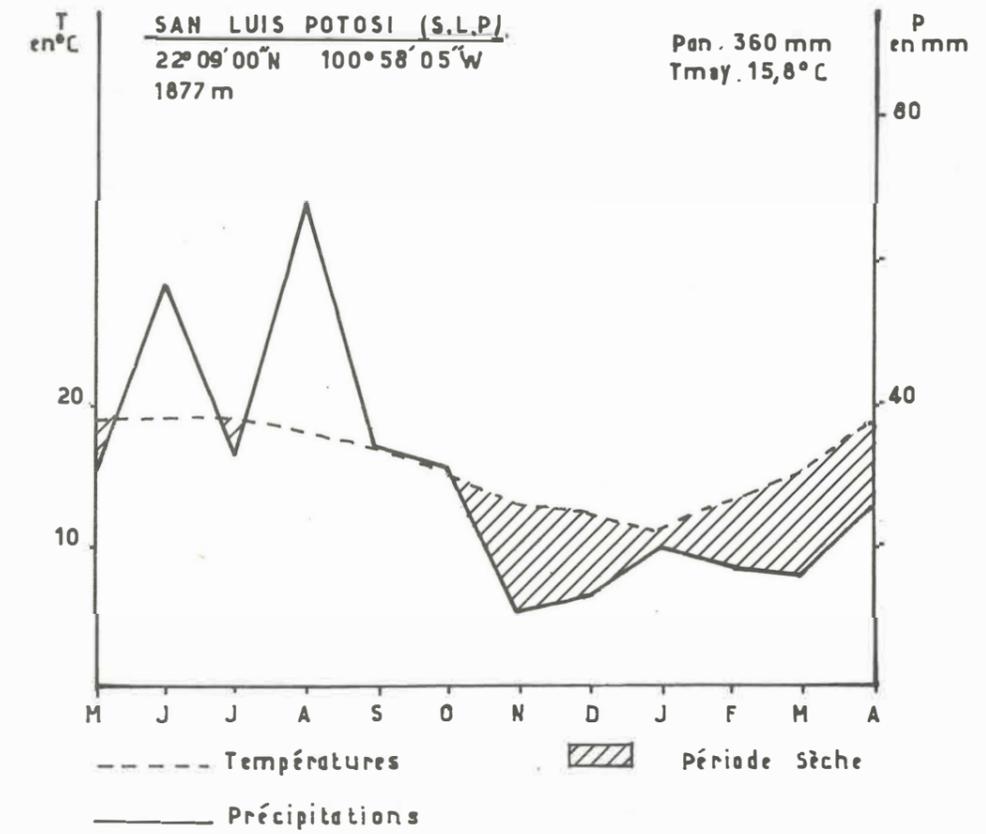
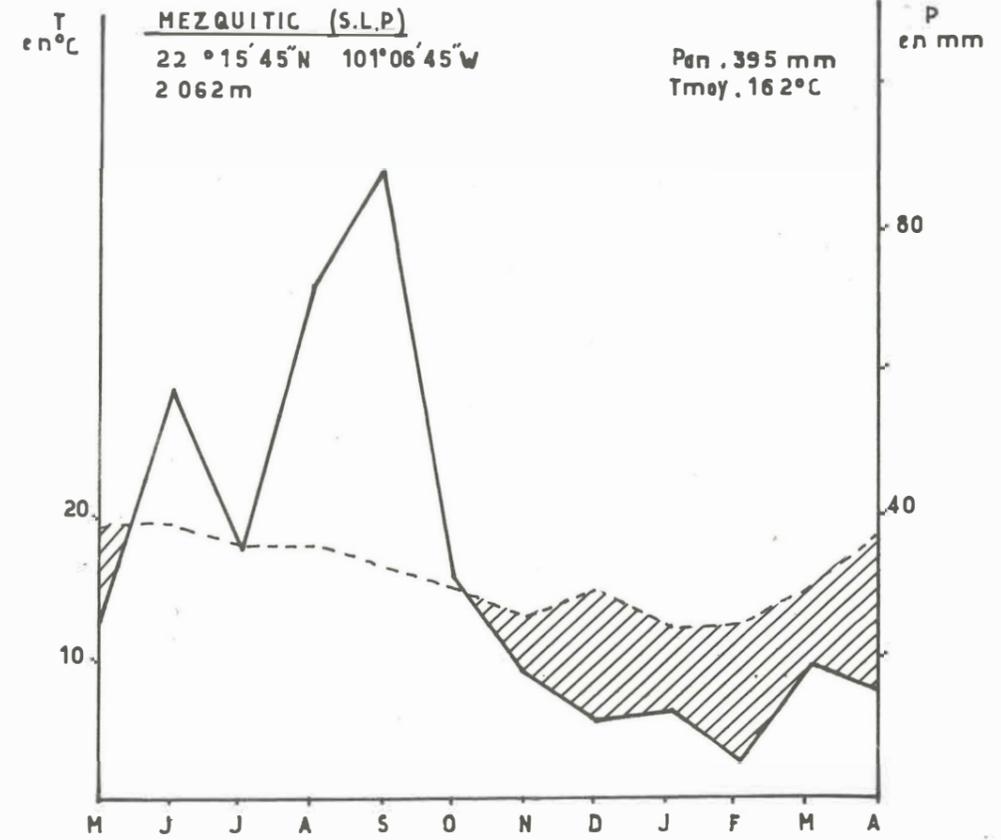
DIAGRAMMES OMBROTHERMIQUES GRAPHIQUE 5

T et P sont calculés sur une période de 10 ans (1960-1970)

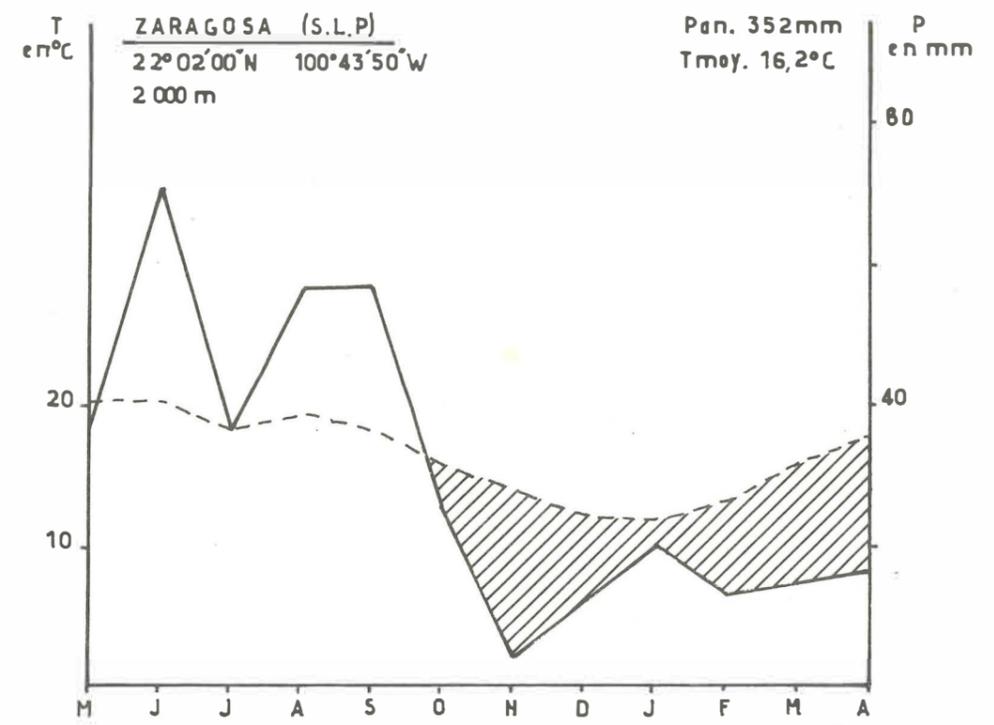
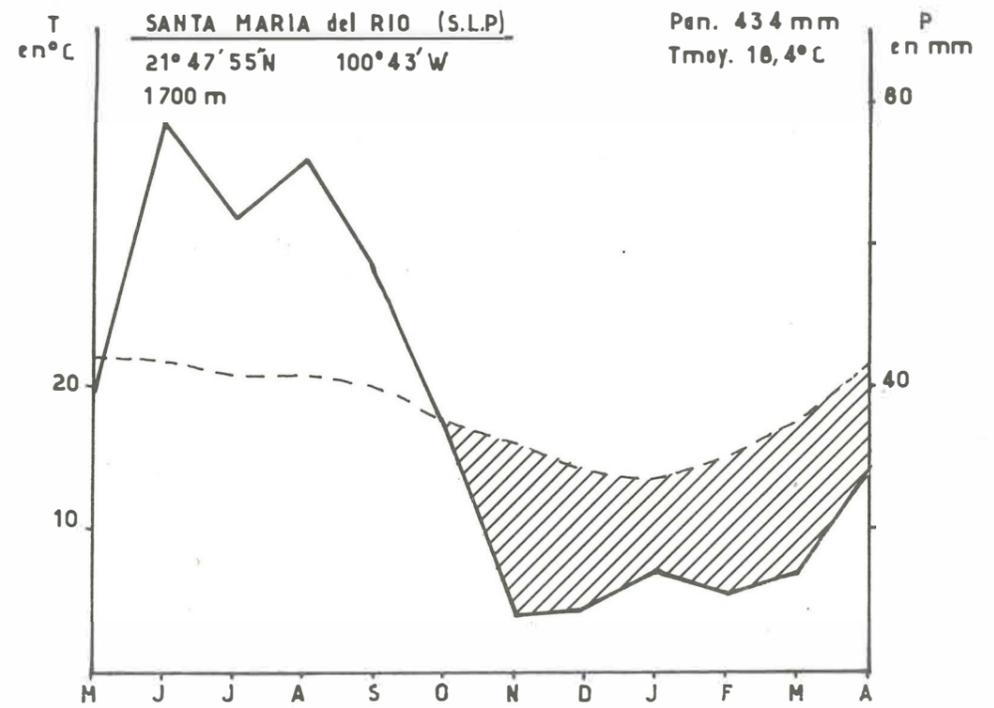




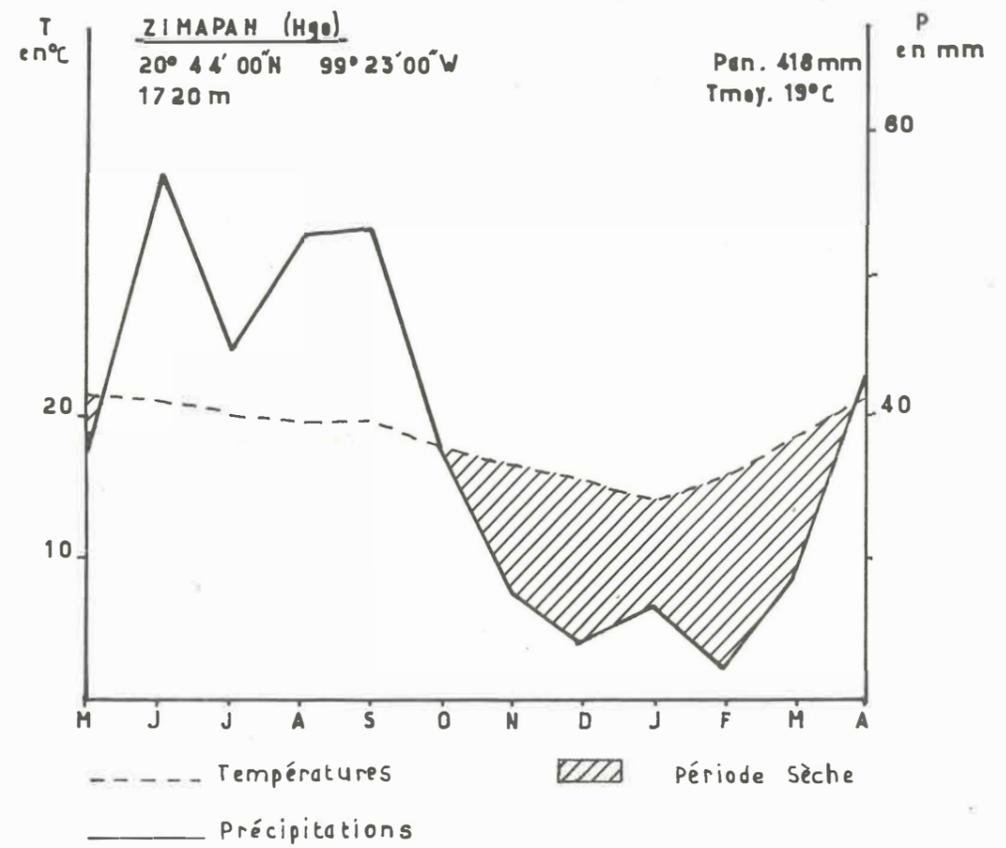




DIAGRAMMES OMBROTHERMIQUES GRAPHIQUE 8



----- Températures
 ———— Précipitations
 [Hatched Box] Période Sèche



7 dans 35 % des stations

6 dans 25 %

5 dans 10 %

8 dans 10 %

Les cas extrêmes (1, 2, 3 ou 9 mois secs) ne sont pas indiqués.

En moyenne, pour l'ensemble des stations envisagées, le nombre de mois secs varie de 6 à 7, et la saison sèche s'étend d'octobre à mai. En moyenne, car, par exemple, certaines années, il pleut 44 mm en janvier à Villa de Reyes, alors, janvier n'est pas un mois sec ; en effet, $P > 2 T$, alors qu'en 1962, les précipitations de janvier étaient nulles (janvier était un mois sec). Pour une même station, la durée annuelle de la saison sèche est variable.

III . 4. Conclusion

Les forêts de Pinus cembroides du versant sous le vent de la Sierra Madre Orientale et de l'est du Plateau central sont situées dans des zones où les températures moyennes sont comprises entre 12,7°C et 19,5°C. Au Nord du Tropique du Cancer, le gradient thermique altitudinal est de 0,8° C ; au sud, il est de 0,5° C. Il gèle en moyenne 20 jours par an. Le régime hydrique des régions étudiées est très variable d'une année à l'autre, mais les pluies tombent toujours pendant la période chaude. Le total annuel moyen des précipitations varie entre 250 mm et 600 mm, et le nombre des mois secs est, dans l'ensemble de la région étudiée, de 6 à 7 par an.

IV Pinus cembroides dans l'ensemble des formations végétales
des régions étudiées

En première approximation, la zone étudiée est occupée soit par diverses formations xérophytiques, soit par des forêts de pins et de chênes.

L'analyse de quelques études régionales nous permettra de préciser localement ce schéma. Les principales études existant au début de ce travail étaient celles de MULLER (1937 et 1939), la thèse de ROJAS MENDOZA (1965), sur la végétation du Nuevo Leon; la thèse de RZEDOWSKI (1961), sur la Végétation de l'Etat de San Luis Potosi ; une étude de PUIG (1967), sur la végétation de la Huasteca (région de Tampico) ; enfin, celle de GONZALEZ QUINTERO (1968), sur la vallée du Mezquital, (Hidalgo).

Dans l'Etat de Nuevo Leon, MULLER distingue à l'ouest la végétation xérophytique du Plateau central (central plateau desert scrub), caractérisée par la présence d'arbustes Prosopis pl. sp., Celtis, Acacia pl. sp.⁽¹⁾ De larges espaces sont occupés par Larrea divaricata, d'autres par Dasyllirion sp. et Fouquieria splendens. Ces plantes sont très espacées et leur recouvrement est très faible. Sur les collines au pied de la Sierra, le " central plateau desert scrub " donne naissance à une formation que MULLER appelle " western montane chaparral ". Le passage entre ces deux formations est graduel ou brutal. S'il est graduel, il se manifeste par une augmentation de la densité de la végétation, la diminution du nombre des espèces épineuses et l'apparition de prairies. Si le changement est brutal, il se développe une formation buissonnante ou une forêt basse où les genres Rhus, Ceanothus, Quercus, Cercocarpus, Yucca, Arbutus et Arctostaphylos sont abondamment représentés. Tous ces genres ne sont pas présents à la fois ; dans certains cas, Quercus flocculenta est dominant; en d'autres cas, Pinus cembroides, associé à Rhus virens remplace entièrement le chêne. Parfois, enfin, Ceanothus lanuginosa, Arctostaphylos pungens et Quercus cordifolia sont dominants.

(1) pl. sp. = plusieurs espèces

Le " western montane chaparral " peut se rencontrer de 2 000 à 2 500 m. Au-dessus de 2 500 m, mais le plus souvent de 2 800 m, se développe une forêt où dominent habituellement, Pinus montezumae et diverses espèces de chênes (Quercus cordifolia, Quercus loeseneri).

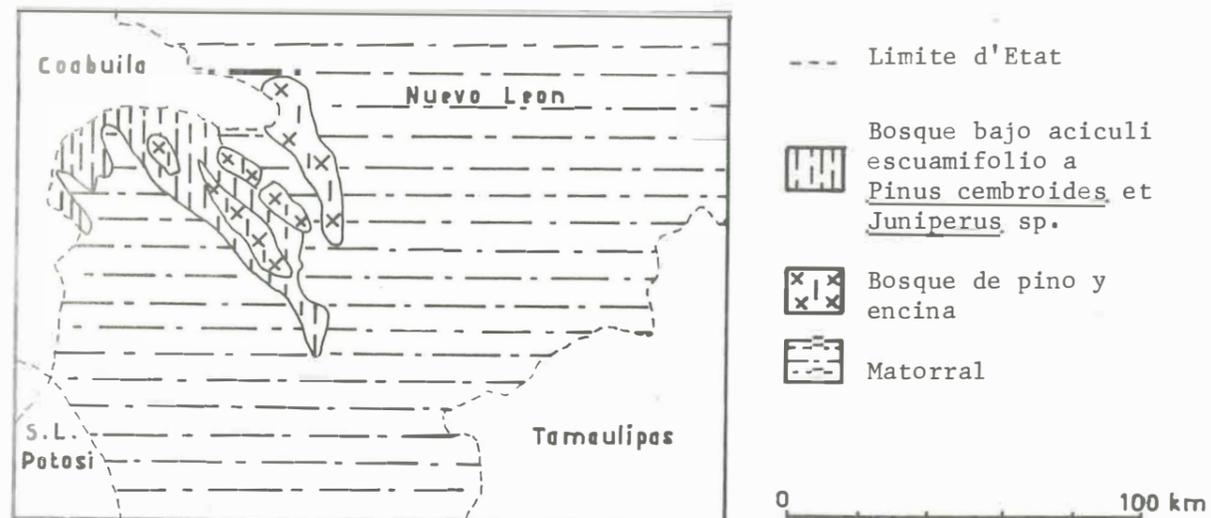
Dans une étude plus récente de la végétation de l'Etat du Nuevo Leon, ROJAS MENDOZAS (1965) a donné aux formations de Pinus cembroides le nom de " bosque bajo aciculi escuamifolio ", à Pinus et Juniperus, bosque bajo désignant une forêt dont les arbres ont moins de 10 m de haut. La carte 7 montre que cette forêt est en contact, d'une part avec les diverses formations xérophytiques désignées sous le nom de matorral, d'autre part avec la forêt de pins et de chênes.

Dans l'Etat de San Luis Potosi, RZEDOWSKI (1961) observe que les forêts de Pinus cembroides sont des peuplements presque purs qu'il appelle " piñonero ". Dans le sud de l'Etat de San Luis Potosi (carte 8), elles sont en contact avec le matorral crasicaule, le zacatal, la forêt mixte de pins et de chênes et enfin, la chênaie arbustive. Le " matorral crasicaule " est une formation où dominent les Cactées hautes : Opuntia streptacantha, Myrtillocactus geometricans. Le " zacatal " est une formation plus ou moins ouverte à Graminées. Les forêts du nord de l'Etat sont en contact avec le " matorral désertico microfilo ", caractérisé par l'abondance de plantes à feuilles de petite taille, tel Larrea tridentata.

Carte 7 .- Voisinage des formations de Pinus cembroides dans l'état de Nuevo Leon, d'après ROJAS-MENDOZA (1965), simplifié.

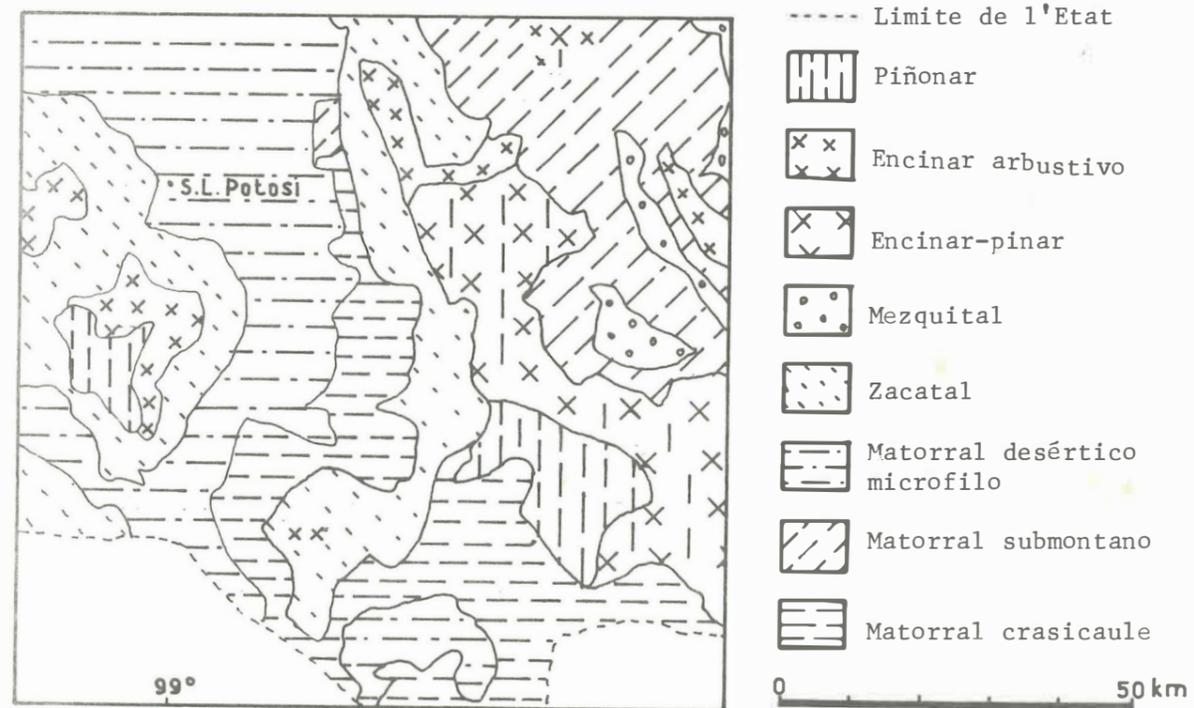
Carte 8 .- Voisinage des forêts de Pinus cembroides dans le sud de l'état de San Luis Potosi, d'après RZEDOWSKI (1961).

Carte 7



Voisinage des formations de Pinus cembroides dans l'Etat de Nuevo Leon d'après Rojas-Mendoza, 1965 (simplifié).

Carte 8



Voisinage des forêts de Pinus cembroides dans le sud de l'Etat de San Luis Potosi d'après Rzedowski, 1965.

Larrea tridentata se développe à l'ombre des pins. Les forêts de Pinus cembroides sont basses, ouvertes, peu exploitées (la taille des arbres n'est pas suffisante, et leur teneur en résine est faible). Les forêts de Pinus cembroides occupent souvent les mêmes habitats que la chênaie arbustive ; le passage de l'une à l'autre formation se fait par un mélange de pins et de chênes. RZEDOWSKI n'exclut pas que la distribution actuelle de Pinus cembroides soit due à un facteur historique ; il pense que l'aire de cette forêt était plus étendue autrefois ; elle se serait restreinte au profit de pâturages ("zacatal") sous l'influence de l'homme. Mais il n'a trouvé aucune communauté secondaire dérivant avec certitude de ces forêts.

PUIG (1967) signale des forêts de Pinus cembroides entre la steppe succulente (formation appelée plus haut " matorral crasicaule ") et la forêt de Pinus patula, Pinus teocote et Quercus sp., dans la région de El Doctor (Queretaro) et entre Zimapan et Jacala (Hidalgo). Dans la vallée de Mezquital (Hidalgo), GONZALEZ QUINTERO signale la présence de Pinus cembroides dans des matorrals à Juniperus flaccida et dans la chênaie arbustive à Quercus crassifolia.

Cette brève analyse bibliographique fait apparaître que Pinus cembroides se rencontre entre les formations xérophytiques et les forêts tempérées de Pinus teocote, Pinus sp. et de chênes. Dans la suite de cette étude, nous essaierons de préciser la place des formations à Pinus cembroides dans l'ensemble de la végétation de la région étudiée.

C H A P I T R E I I

Remarque préliminaire

Le terme "forêt" n'a pas un sens précis, chacun en a une image différente ; aussi, jugeons-nous nécessaire de préciser le sens dans lequel il est utilisé ici, et pour cela, nous rap- pelons quelques définitions qui nous paraissent utiles.

Arbre : végétal ligneux, d'au moins 5 m de haut, possédant un tronc et se ramifiant à une certaine hauteur de celui- ci (FONT QUER, 1965).

Arbuste : toujours d'après cet auteur, c'est un végétal ligneux de moins de 5 m de haut, qui se ramifie dès la base du tronc. Les arbustes dont la hauteur est inférieure à 1 m sont appelés " matas ".

Bosque : lieu peuplé d'arbres et de " matas " (FONT QUER, 1965).

Forêt : formation arborescente dense, peuplement d'arbres , naturel ou planté. Le terme est parfois étendu à :
. toute formation ligneuse fermée, même basse,
. toute formation d'arbres, même ouverte (forêt claire)
(PLAISANCE, 1959).

Pinus cembroides ne dépasse pas le plus souvent 5 m de haut, il atteint très rarement 15 m ; dans la plupart des cas, il se ramifie à une certaine hauteur du tronc, c'est donc un arbre bas. L'expression forêt de Pinus cembroides désigne donc une fo- rêt basse, le terme " bosque bajo " serait meilleur ; c'est dans ce sens qu'il faut lire forêt de Pinus cembroides dans la suite de l'exposé.

Formation : ce terme a été introduit en 1838 par GRISEBACH.

Pour lui, c'est un groupe de plantes présentant un ca- ractère physiologique défini, comme une forêt, une prai- rie ... (GODRON et al. 1968). Ce terme a depuis été utilisé dans divers sens, dont celui d'association col- lective (FONT QUER, 1965). C'est dans ce dernier sens que ce terme sera utilisé dans la suite du texte.

Matorral : formation constituée de " matas " (FONT QUER, 1965).

Ce terme est très utilisé au Mexique, il est étendu à des formations arbustives dont certains composants dépas- sent 2 m de haut, et parfois ne correspondent pas à la définition habituelle de l'arbuste, telle la Cactée Myrtillocactus par exemple.

CHAPITRE I I

LES FORETS DE PINUS CEMBROIDES DE L'EST DU MEXIQUE

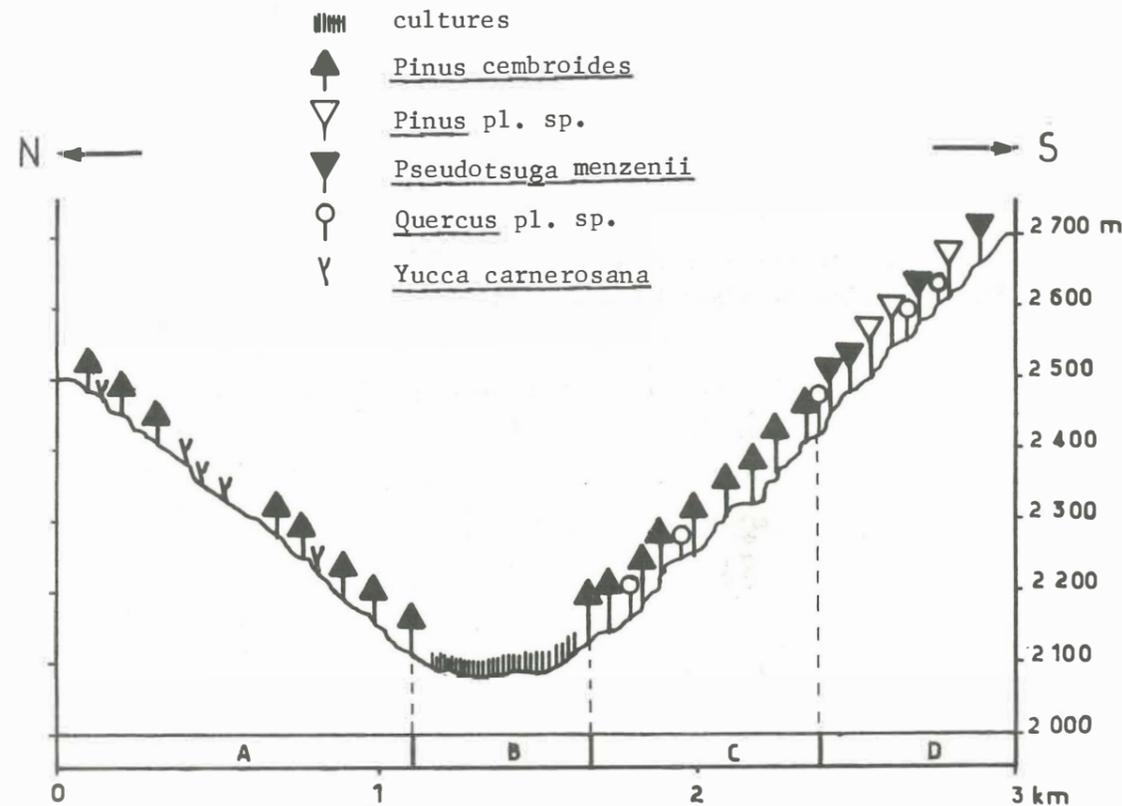
I . Différents types de situation des forêts de Pinus cembroides

dans la région étudiée

En parcourant la région étudiée 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 carte 3.

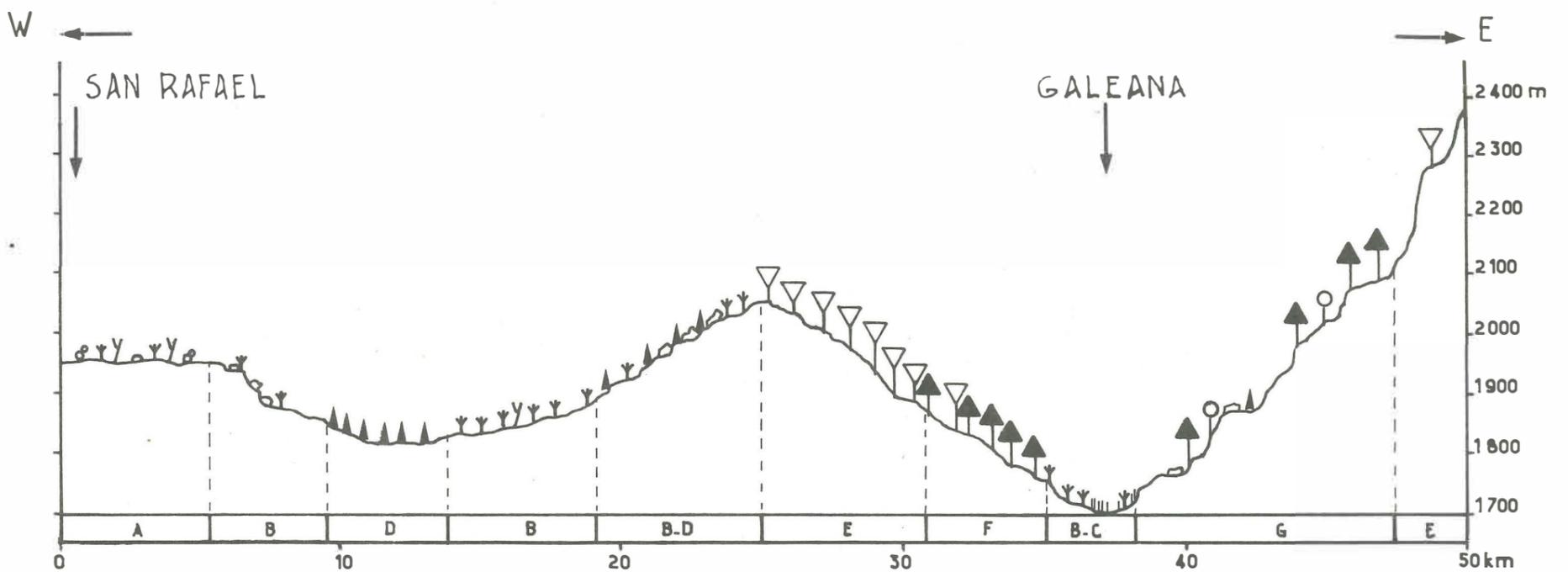
La coupe 1 est faite dans une vallée étroite de la Sierra Madre Orientale, vallée de direction générale E-W ; son altitude moyenne est de 2 100 m, ses versants sont dissymétriques. Le climat y est assez rigoureux (graphique 5, San Antonio de las Alazanas) ; les gelées sont fréquentes d'octobre à mars ; 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 (photo 3). Le versant sud porte une forêt de Pinus cembroides et Yucca carnerosana ; elle est coupée de place en place, il ne subsiste alors que des Yucca. 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 sp. atteignant souvent 15 m de haut ; le sous-bois de cette forêt, composé surtout de deux espèces : Quercus loeseneri et Arbutus xalapensis

COUPE 1



Coupe schématique de la vallée de San Antonio de las Alazanas (Coahuila) au niveau du lieu-dit "Efigenia".

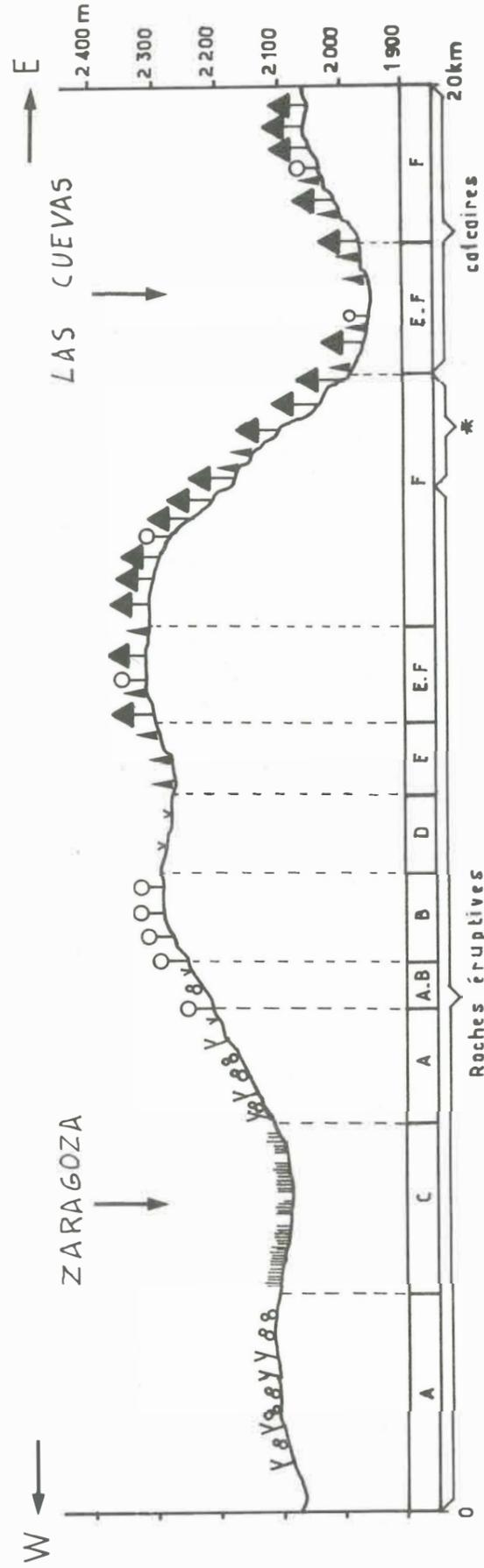
- A. forêt de Pinus cembroides et Yucca carnerosana
- B. cultures
- C. forêt de Pinus cembroides
- D. forêt de Pseudotsuga menziesii et Pinus pl.sp.



Coupe schématique entre San Rafael et Galeana (Nuevo Leon)

Légende

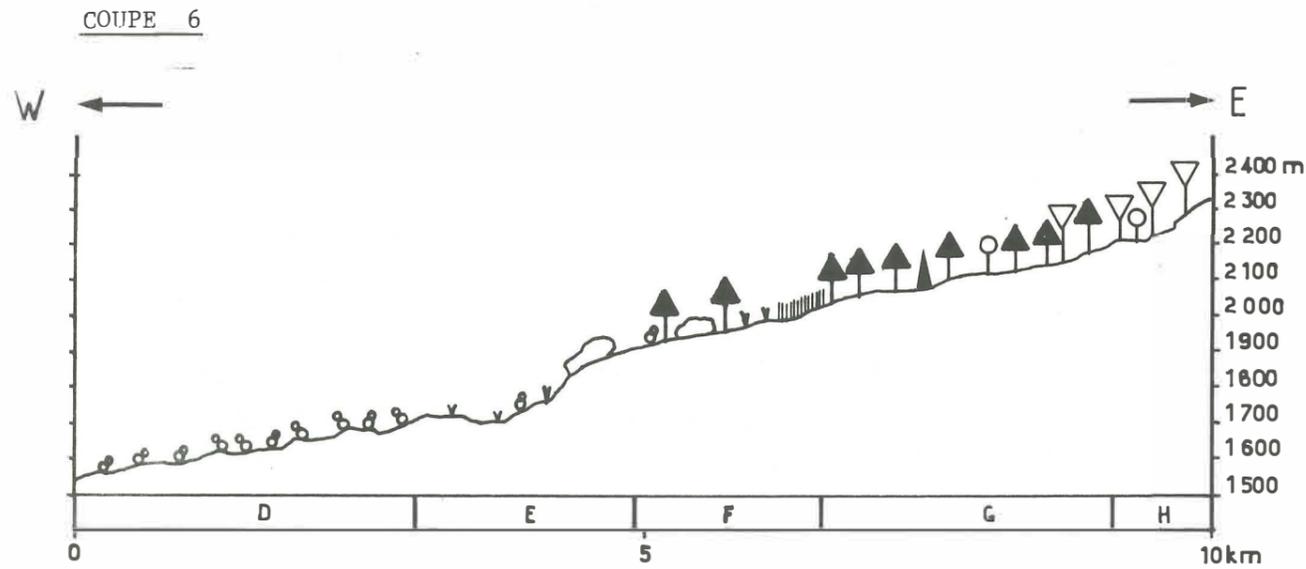
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ cailloux cultures ▲ <u>Juniperus</u> sp. Y <u>Larrea tridentata</u> ⊕ <u>Opuntia</u> sp. ▲ <u>Pinus cembroides</u> ▽ <u>Pinus</u> pl. sp. ○ <u>Quercus</u> sp. Y <u>Yucca carnerosana</u> | <ul style="list-style-type: none"> A. matorral à <u>Larrea tridentata</u>, <u>Opuntia</u>, <u>Yucca carnerosana</u> sur conglomérat quaternaire B. matorral à <u>Larrea tridentata</u> sur sol gris et caillouteux C. cultures D. matorral à <u>Juniperus</u> E. forêt de <u>Pinus</u> F. forêt de <u>Pinus cembroides</u> G. formation très ouverte à <u>Pinus cembroides</u>, <u>Quercus</u>, <u>Juniperus</u> sur sol érodé et croûte calcaire B-D. matorral à <u>Larrea tridentata</u> et <u>Juniperus</u> |
|---|--|



Coupe schématique dans la Sierra de Alvarez (San Luis Potosi)

■	cultures	A. formation à <u>Acacia farnesiana</u> , <u>Opuntia</u> , <u>Yucca</u>
▲	<u>Juniperus flaccida</u>	B. formation ouverte à <u>Quercus potosina</u>
♂	<u>Opuntia</u> sp.	A-B. transition
▲	<u>Pinus cembroides</u>	C. cultures
♀	<u>Quercus potosina</u>	D. pelouse
Y	<u>Yucca</u> sp.	E. matorral à <u>Juniperus flaccida</u>
v	Graminées	F. forêt de <u>Pinus cembroides</u>
		E-F. formation ouverte à <u>Pinus cembroides</u> , <u>Juniperus flaccida</u> , <u>Quercus potosina</u>

La coupe 5 est faite dans la Sierra de Alvarez, à la limite de la zone externe de la Sierra et du Plateau central ; le 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 exploitée à ciel ouvert. La vallée de Zaragoza 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, à laquelle succède, vers l'est, un matorral à Quercus potosina. Les premiers chênes apparaissent dans la formation xérophytique 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 se rencontre d'abord isolé dans ce matorral, puis il devient dominant, et l'on se trouve dans une forêt de Pinus cembroides. Le changement de roche-mère se traduit au niveau du sol : sur rhyolite, le sol, peu profond, est de couleur claire ; 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 ; c'est sans doute au niveau de la strate herbacée que des différences pourraient être perçues.

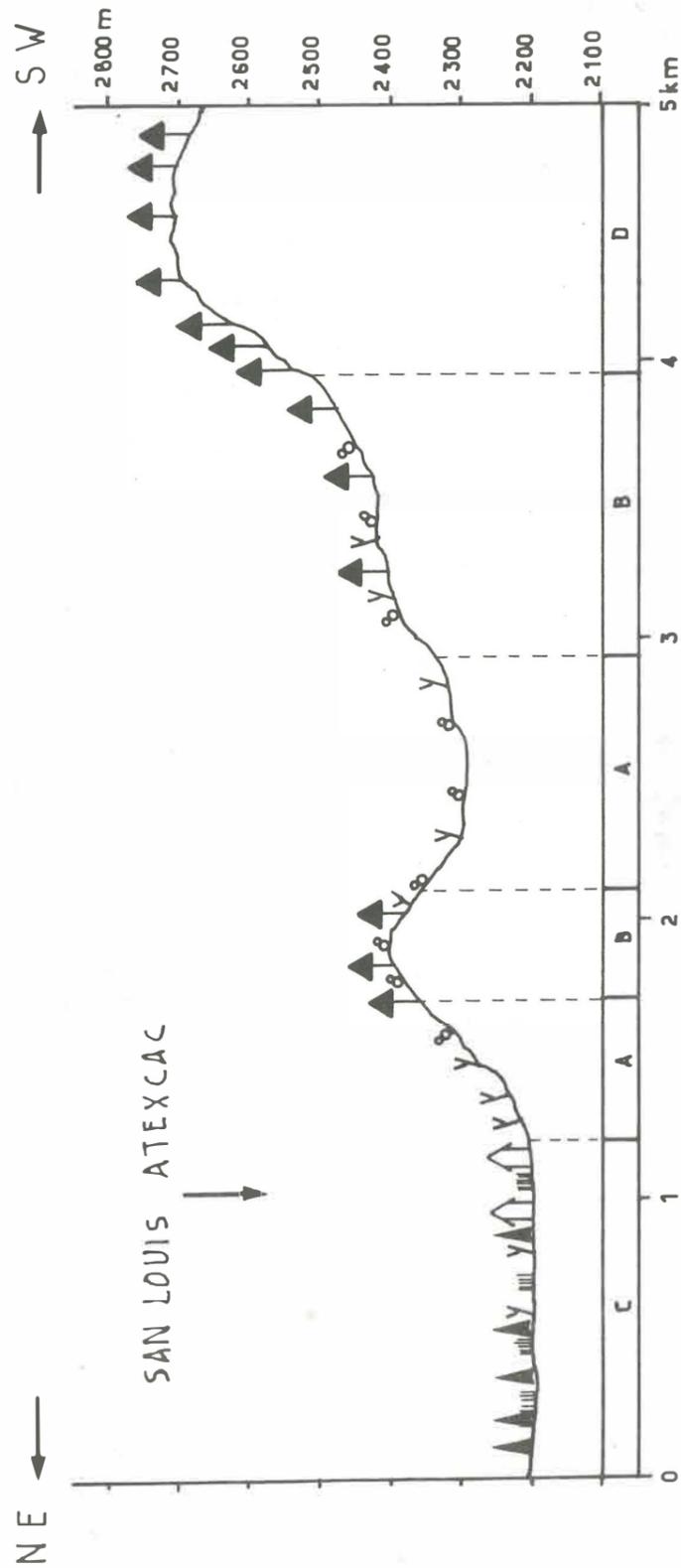


Coupe schématique dans le versant sous le vent de la Sierra Madre Orientale au niveau de Zimapan (Hgo)

- | | | |
|---|---------------------------|--|
| ○ | caillou | D. formation xérophytique à <u>Opuntia</u> et <u>Agave</u> |
| | culture | E. formation ouverte à Graminées et <u>Opuntia</u> |
| v | Graminées | F. forêt de <u>Pinus cembroides</u> localement défrichée |
| ▲ | <u>Juniperus flaccida</u> | G. forêt de <u>Pinus cembroides</u> |
| ⊙ | <u>Opuntia</u> | H. forêt de <u>Pinus teocote</u> |
| ▲ | <u>Pinus cembroides</u> | |
| ▽ | <u>Pinus teocote</u> | |
| ○ | <u>Quercus</u> | |

La coupe 6 se situe dans la zone externe de la Sierra Madre Orientale, à la limite de la vallée de Zimapan. D'ouest en est, se succèdent une formation xérophytique à Opuntia sp., Agave sp. ; la forêt de Pinus cembroides et la forêt de Pinus patula, Pinus sp. 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. A 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 dispersées et localisées plutôt sur les croupes (photo 5).

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 pl. sp. se fait de 2 200 à 2 300 m ; il se traduit en particulier, par un enrichissement de la strate arbustive.



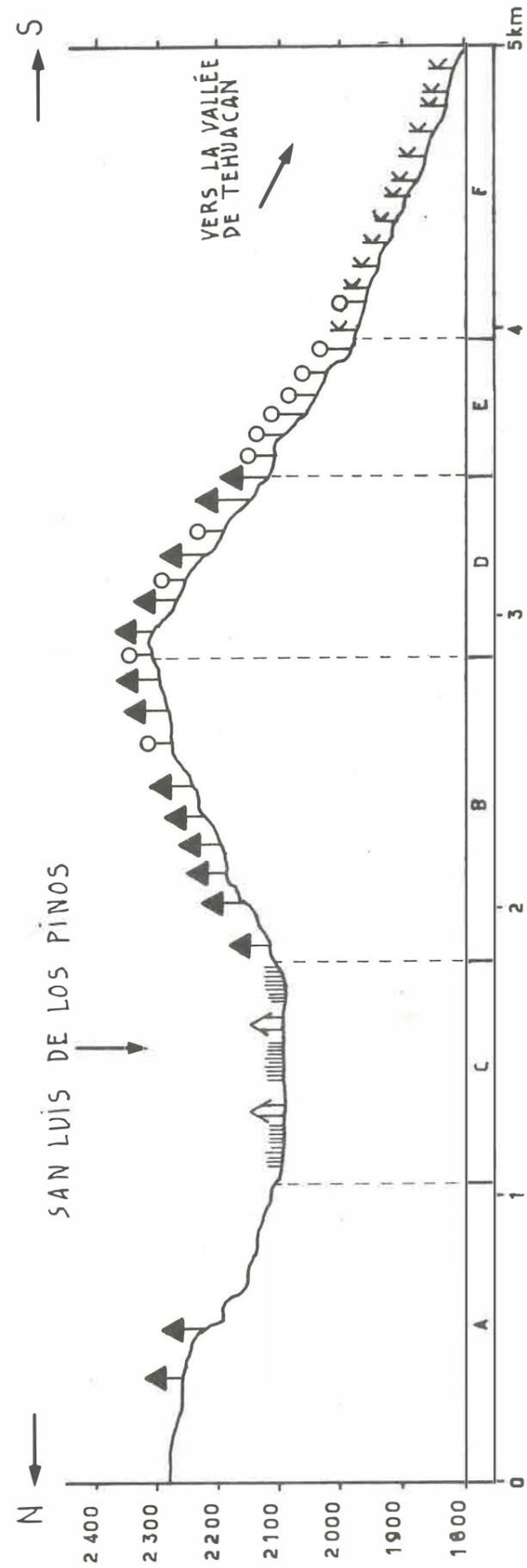
Coupe schématique à la limite de la zone aride de l'Etat de Veracruz, au niveau de San Luis Atexcac (Puebla).

 cultures
 Juniperus deppeana
 Opuntia sp.
 Pinus cembroides
 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

Au niveau de l'axe néo-volcanique, à la limite des Etats de Veracruz et de Puebla s'étend une zone aride, prolongement de celle de Tehuacan. La coupe 7 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 (photo 6). 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 qui atteint 2 700 m d'altitude. Les branches des pins isolés sont couvertes de Tillandsia usneoides (photo 7), 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. GUZMAN, Esc. Nac. Cienc. Biol., México),⁽¹⁾ Sur le versant sud-ouest de la colline de cendres volcaniques, Sophora secundiflora est abondant dans la forêt très ouverte à Pinus cembroides. Ceci 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. Ceci conduit à se demander si ces genévriers sont les survivants d'une forêt de genévriers défrichée pour la culture ? Mais, il n'est pas non plus interdit de penser que les genévriers 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.

(1) Communication verbale



Coupe dans la Sierra de Zongolica au niveau de San Luis de los Pinos (Puebla)

- | | | |
|---|----------------------------|---|
| | cultures | A. zone déboisée fortement érodée : <u>Pinus cembroides</u> isolés et <u>Agave atrovirens</u> |
| K | ligneux épineux | B. forêt de <u>Pinus cembroides</u> |
| ▲ | <u>Pinus cembroides</u> | C. cultures |
| ○ | <u>Quercus microphylla</u> | D. forêt de <u>Pinus cembroides</u> et <u>Quercus microphylla</u> |
| | | E. forêt de <u>Quercus microphylla</u> |
| | | F. formation de ligneux hauts et de ligneux bas |

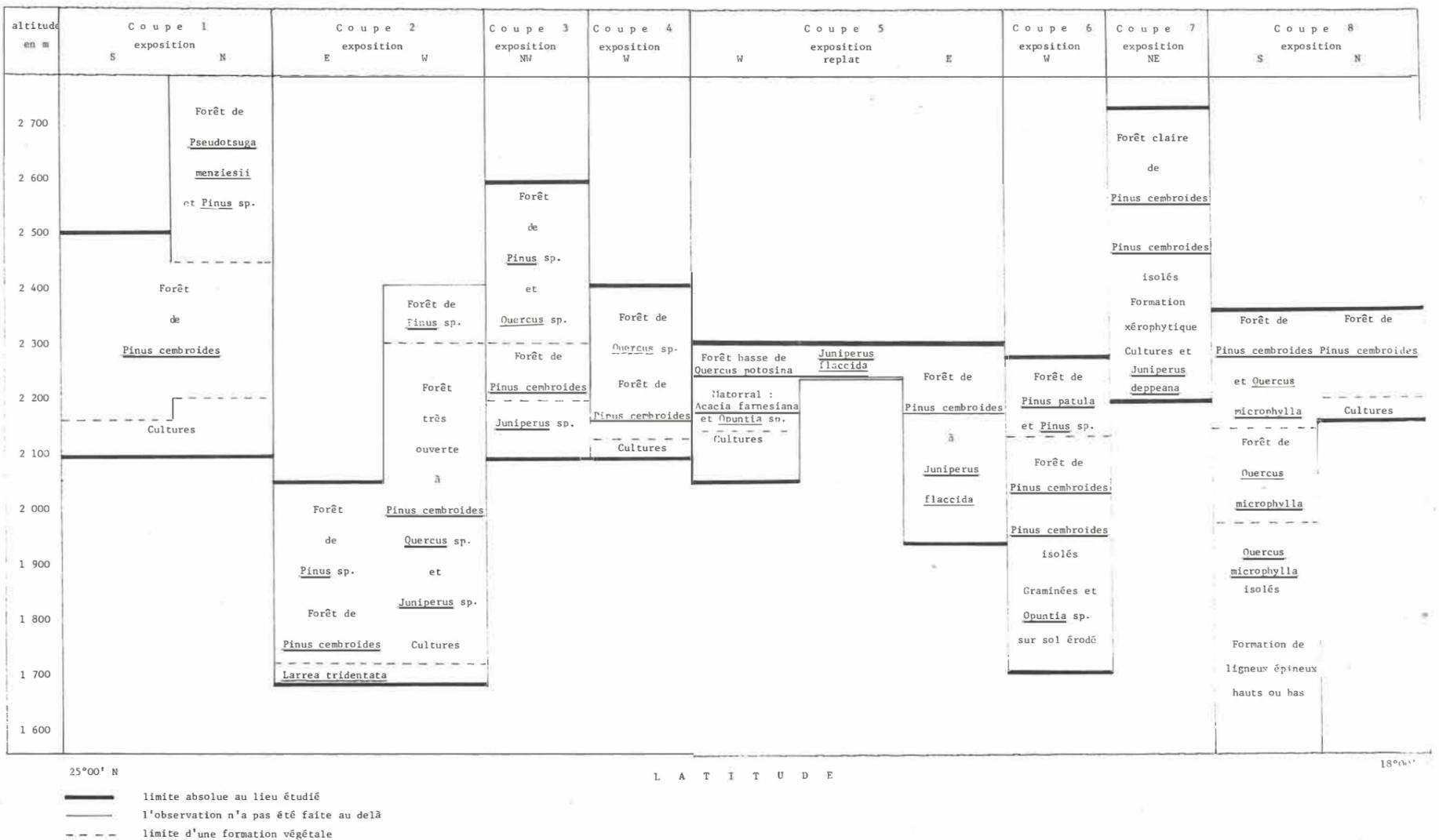
A l'est de la vallée aride de Tehuacan, dont l'altitude moyenne est de 1 600 m, s'élève la Sierra de Zongolica, où se situe la coupe 8. Montant de la vallée de Tehuacan, nous traversons une formation xérophytique de ligneux hauts ou bas, souvent épineux, parmi lesquels, à 1 800 m, Dioon sp. ; entre 1 950 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. 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 (photo 8). 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 (coupe 8). 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 (coupe 3) 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).

Le tableau 2 résume les principaux types de situation des forêts de Pinus cembroides dans la succession altitudinale des formations végétales dans la zone étudiée.

Son observation entraîne au moins deux remarques. La première concerne la présence de Juniperus sp., soit dans les bas-fonds (coupes 4 et 7), soit sur des replats (coupe 6). Nous y reviendrons plus loin. La deuxième remarque est la suivante : la forêt de Pinus cembroides monte plus haut sur des versants chauds et longuement ensoleillés que sur des versants froids. Par exemple, (coupe 1), Pinus cembroides 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 topographiques le lui permettent, elle atteint 2 700 m à environ 18° N. A cette dernière latitude, les conditions climatiques sont plus clémentes que plus au nord (gelées presque nulles).

TABLEAU 2
PRINCIPAUX TYPES DE SITUATION DES FORÊTS DE PINUS CEMBROIDES
DANS LA ZONE ETUDIÉE



II . Essai de classification des forêts de Pinus cembroides

II . 1 - Types physiologiques

Au premier abord, la physiologie des forêts de Pinus cembroides est assez uniforme du nord au sud de la région étudiée ; c'est celle d'une forêt basse, de 4 à 5 m de haut (bosque bajo). Cependant, pour préciser l'aspect physiologique de ces forêts, nous analyserons successivement trois caractères principaux et indépendants (GODRON et al., 1968) :

La structure globale de la végétation

L'influence de l'homme

Les espèces dominantes autres que Pinus cembroides

II . 1 - 1 . Structure globale des forêts de Pinus cembroides

Deux critères peuvent être retenus pour caractériser la structure globale de ces formations : le recouvrement de la strate arborée, la densité des arbres à l'hectare. Rappelons que le "recouvrement global d'une strate est le quotient de l'aire de la projection de la strate sur un plan horizontal, par l'aire totale de la station ou de l'élément" (GODRON et al., 1968). La strate ici considérée est la strate supérieure à 2 m, c'est-à-dire la strate des ligneux hauts ; cette expression permet d'inclure Myrtillocactus ou Yucca qui ne sont pas, habituellement, considérés comme des arbres.

Il est ainsi possible de distinguer :

- des forêts fermées : le recouvrement global de la strate des ligneux hauts est supérieur à 75 %.

- des forêts assez ouvertes : le recouvrement global de la strate des ligneux hauts est compris entre 50 et 75 %.
- des forêts ouvertes : le recouvrement global de la strate des ligneux hauts est compris entre 25 et 50 %.
- des forêts très ouvertes à Pinus cembroides lorsque le recouvrement global de la strate des ligneux hauts est compris entre 5 et 25 %.

Si maintenant l'on considère la distance moyenne des troncs de Pinus cembroides de plus de 2 m de haut, nous trouvons :

- des forêts très denses (distance moyenne des troncs de 3 m)
- des forêts denses (distance moyenne des troncs comprise entre 3 et 8 m.
- des forêts claires (distance moyenne comprise entre 8 et 15 m).

Dans les forêts très ouvertes à Pinus cembroides, la distance moyenne des troncs est supérieure à 15 m.

Une forêt fermée peut être très dense, dense ou claire selon la taille des couronnes des ligneux hauts et l'abondance de Pinus cembroides.

Dans le Nuevo Leon, entre Galeana et Aramberri, les forêts de Pinus cembroides sont fermées, tantôt denses, tantôt très denses. Entre San Antonio de las Alazanas et Puerto de las Flores les forêts sont assez ouvertes à ouvertes; par endroits, denses, par endroits, claires. Près de Zimapan s'observent toutes les formes de passage entre Pinus cembroides isolés dans une zone à végétation basse et rare, une forêt très ouverte à Pinus cembroides, une forêt à Pinus cembroides ouverte, puis assez ouverte,

passant enfin à une forêt fermée. A San Luis Atexcac, l'on observe une forêt très ouverte à Pinus cembroides qui passe à une forêt ouverte et claire. Près de San Luis de los Pinos, la forêt de Pinus cembroides est une forêt fermée dense sur le versant nord, au contraire, sur le versant sud subsiste une forêt très ouverte.

L'existence de forêt claire conduit tout naturellement à envisager l'influence de l'homme sur ces forêts.

II . 1 - 2 . Influence de l'homme

Les forêts de Pinus cembroides ne font pas l'objet d'une exploitation systématique, mais, localement, pins et chênes sont coupés à 20 cm du sol pour faire du charbon de bois. Près des villages, les forêts servent de terrain de parcours pour le bétail. Parmi les forêts claires, il faut distinguer :

- celles où la faible densité de Pinus cembroides est en rapport avec l'influence visible de l'homme : environs de Zimapan, San Luis de los Pinos.
- celles où l'influence actuelle de l'homme n'est pas visible; ce qui n'exclut pas qu'elle ne se soit pas exercée dans le passé.

Mais, la faible densité de certaines forêts très ouvertes à Pinus cembroides peut être mise en rapport avec les conditions climatiques locales. C'est le cas des forêts très ouvertes des environs de Galeana (coupe 3), qui reçoit en moyenne 260 mm de pluies par an, dont 57¹³ durant la période sèche, et sont situées sur un versant ouest, donc longuement ensoleillé.

L'influence de l'homme ne peut servir de critère à une classification des forêts de Pinus cembroides que si elle est déterminée avec précision, ce qui ne nous a pas été possible.

II . 1 - 3 . Espèces dominantes autres que Pinus cembroides

L'espèce retenue est celle qui, en dehors, de Pinus cembroides, est la plus visible, celle qui "contribue à donner à la forêt son aspect" (GODRON et al., 1968). Seul Yucca sp. est déterminant dans la physionomie de la forêt de Pinus cembroides. Il est donc possible de distinguer :

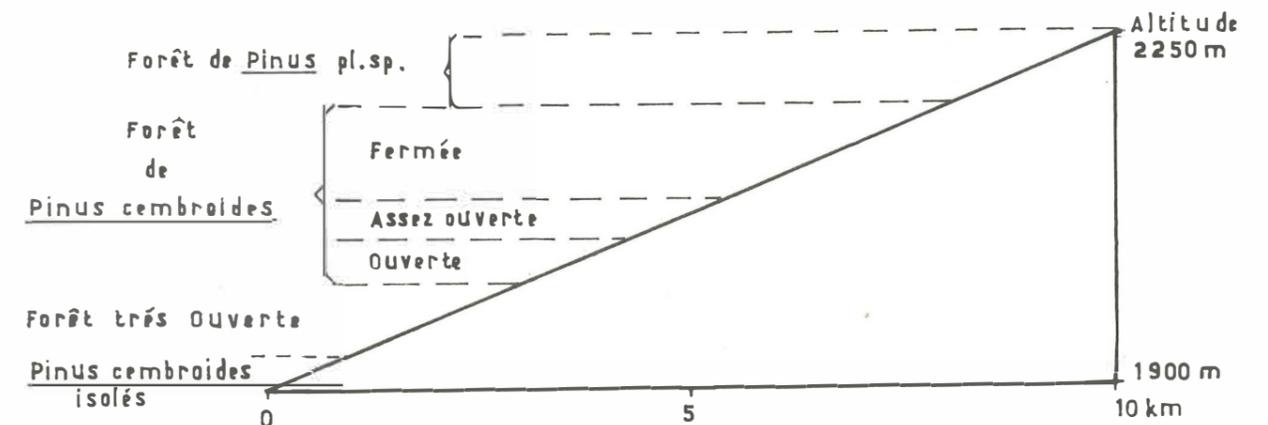
- des forêts à Pinus cembroides seul

- des forêts à Pinus cembroides et Yucca sp., cette dernière espèce ne couvre qu'une petite fraction de la surface de la formation, mais elle est immédiatement perçue par l'observateur. Les forêts des environs de Zimapan appartiennent au premier groupe ; celles du Nuevo Leon, une partie de celles de San Luis Potosi au second.

En résumé, il est possible de distinguer des types physiologiques en utilisant comme critères principaux : le degré de recouvrement de la strate arborée, la distance moyenne des troncs de Pinus cembroides hauts de plus de 2 m, l'espèce autre que Pinus cembroides qui se signale à l'attention de l'observateur. De ces types, nous retenons l'existence de forêts de Pinus cembroides très ouvertes, ouvertes, assez ouvertes et fermées ; ces forêts sont parfois à Yucca.

Dans toute la région étudiée sur les versants ouverts, les quatre types physiologiques se succèdent ainsi : bas de versant, la forêt très ouverte à Pinus cembroides, puis la forêt ouverte, la forêt assez ouverte, enfin la forêt fermée qui passe à une

GRAPHIQUE 10



Succession altitudinale des types physiologiques de la forêt de Pinus cembroides à Zimapan (Hgo)

forêt à Pinus pl. sp.; cette succession est schématisée dans le graphique 10.

Près de Zimapan (graphique 10), cette succession s'observe entre 1 900 m et 2 250 m ; plus on s'éloigne de la végétation xérophytique, plus la forêt de Pinus cembroides est fermée.

Deux explications peuvent être proposées. La première est d'ordre climatique : il est en effet clair que plus on s'élève, plus les précipitations augmentent. La seconde est d'ordre anthropique : le bas du versant est en effet proche des lieux d'habitation, la forêt est utilisée comme " coral ", et elle est défrichée pour la culture, ou coupée partiellement (troncs utilisés comme piquets et allume-feux). Sans doute, une cause climatique et une cause anthropique ont-elles provoqué la succession actuellement observable, mais il est difficile de préciser dans quelle mesure chacune intervient.

Quant à la présence de Yucca dans les forêts de Pinus cembroides, il faut rappeler que c'est une espèce de la zone " aride " du nord du Mexique. Elle s'est sans doute étendue au cours de périodes arides anciennes. Cela peut expliquer la présence de Yucca dans les enclaves arides de Veracruz.

Dans le Nuevo Leon, on remarque que le Yucca est tantôt présent, tantôt absent des forêts de Pinus cembroides, sans raison écologique apparente. Une cause microclimatique n'est pas à écarter, mais il n'est pas non plus impossible que de légères différences édaphiques soient responsables de l'absence de Yucca de certaines forêts du Nuevo Leon.

L'étude floristique pourrait préciser et affiner cette vue globale, c'est ce que nous envisagerons dans le paragraphe suivant.

II . 2 - Types floristiques

Nous disposons pour l'étude floristique des relevés faits dans le Nuevo Leon, le Coahuila, le sud de l'Etat de San Luis Potosi, les environs de Zimapan (Hidalgo) et enfin dans l'Etat de Puebla. Le nombre des relevés est insuffisant pour tirer des conclusions définitives ; ce que nous indiquons est seulement une direction de travail, une orientation générale. Dans ce paragraphe, seules les strates arborées et arbustives sont comparées : la strate arbustive inclut toutes les plantes ligneuses dont la hauteur est comprise entre 20 cm et 2 m.

T A B L E A U 3

PRESENCE DES ESPECES ARBUSTIVES ET ARBOREES
DANS LES FORETS DE PINUS CEMBROIDES DE LA REGION ETUDIEE

	5	7	6	13	1	3	2	8	9	11	10	12
Pinus cembroides	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Quercus potosina	x	x	x									
Quercus macrophylla			x									
Quercus microphylla			x	x								
Quercus canbyi					x							
Quercus cordifolia					x							
Quercus hartwegii					x							
Quercus intricata						x	x					
Juniperus sp.						x	x	x	x			
Yucca sp.					x	x						
Fraxinus sp.						x						
Myrtillocactus sp.	x											
1 Berberis trifoliata						x	x					
2 Amelanchier denticulata				x				x	x			x
Arctostaphylos sp.			x	x								
Rhus sp.			x		x	x	x					
3 Agave sp.	x	x			x	x						x
Bursera fagaroides	x	x										
Dasyllirion sp.	x	x				x						
Gymnosperma glutinosum				x	x	x	x					x
Jatropha spathulata	x	x										
Pithecolobium elastichophyllum	x				x							x
4 Acacia sp.						x	x			x		
Bouvardia ternifolia	x			x			x				x	x
Cassia sp.			x					x	x			
Chrysactinia mexicana						x						x
Eysenhardtia polystachia						x				x		
Karwinskia humboldtiana	x						x	x	x			
Mimosa sp.	x	x	x		x	x		x		x		
Opuntia sp.	x	x				x					x	
5 Brickellia veronicaefolia		x				x						
Ceanothus greggii						x			x			
Croton sp.							x	x	x	x		
Cupressus sp.								x	x			
Dalea sp.	x	x	x					x	x			
Dodonaea viscosa	x	x	x	x								
Eupatorium sp.			x		x							x
Stevia sp.		x										x
Verbesina sp.		x								x		
Zexmenia sp										x		x

Les relevés complets (strate herbacée incluse) sont portés en annexe, ainsi que les conditions stationnelles de chacun des relevés. Un essai d'analyse de ces relevés floristiques est donné dans le tableau 3, où est indiqué, pour chaque espèce, la présence dans les relevés; les plantes arbustives rencontrées une fois seulement dans la totalité des relevés n'ont pas été retenues.

Au niveau de la strate arbustive, 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 arbustive dans l'ordre suivant :

- 1) une plante dont la limite sud de l'aire de distribution est atteinte dans l'Etat de San Luis Potosí (MARROQUIN, 1966) : Berberis trifoliata, espèce présente dans certains relevés du Nuevo Leon.
- 2) 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., Chrysactinia 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, 12), sur roche-mère éruptive (5, 7, 8, 9, 10, 13), sur roche-mère métamorphique (14). Ceci indique que Pinus cembroides est indifférent à la roche-mère. Par ailleurs, la lecture du tableau 3 montre qu'aucune espèce arbustive n'est apparue comme caractéristique d'un substrat, et qu'aucun des 5 groupes énumérés plus haut n'a de valeur écologique, car on trouve dans le même relevé des arbustes de plusieurs de ces groupes.

Par contre, au niveau de la strate arborée, le genre Yucca est présent dans 2 relevés du Nuevo Leon ; Juniperus sp. figure dans 4 relevés, du Nuevo Leon à Zimapan. Le genre Quercus est présent dans 7 relevés, il est absent des relevés dans les forêts proches de Zimapan (9 à 12). Ces remarques conduisent à distinguer 3 types floristiques principaux de forêts de Pinus cembroides :

- 3) forêts de Pinus cembroides à Quercus pl. sp.
- 2) forêts de Pinus cembroides à Juniperus sp.
- 1) forêts de Pinus cembroides sans autre espèce arborée.

Les forêts de Pinus cembroides et chênes peuvent présenter des variations dans la composition de la strate arborée : présence de Juniperus 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.

Dans le nord de la région étudiée, les espèces de chênes présentes dans les forêts de Pinus cembroides sont Quercus canbyi, Q. cordifolia, Q. hartwegii, Q. intricata ; dans le sud de l'état de San Luis Potosi, ce sont Quercus potosina, Quercus macrophylla, Quercus crassifolia, Q. eduardi ; dans la Sierra de Zongolica, Quercus microphylla. Sur les chênes, nous avons peu de renseignements écologiques. Toutes les espèces citées semblent adaptées à des sols peu épais et à de longues sécheresses ; il est fréquent d'observer une forêt basse de chênes dans des habitats identiques à ceux des forêts de Pinus cembroides, sans raison apparente. Quercus canbyi et Quercus cordifolia, entre autres, se rencontrent sur le versant est de la Sierra Madre Orientale dans le Nuevo Leon (MULLER, 1937) ; Quercus cordifolia se rencontre sur roche-mère calcaire dans le nord de l'état de San Luis Potosi, Quercus potosina et Quercus hartwegii sont présents dans la Sierra de Alvarez, au-dessus de 1 900 m, sur rhyolite ou sur calcaire (RZEDOWSKI, 1966). Quercus macrophylla se rencontre dans l'état de San Luis Potosi, dans la vallée du Mezquital (GONZALEZ QUINTERO, 1968).

Ceci nous conduit à distinguer dans la forêt de Pinus cembroides à chênes de la région étudiée : une forêt septentrionale à Quercus canbyi, Quercus cordifolia ou Quercus intricata, et une forêt méridionale à Quercus potosina, Quercus macrophylla. Nous ne retenons pas tous les chênes cités plus haut, soit qu'ils semblent se trouver du nord au sud de la région étudiée, tel Quercus hartwegii, soit que nous n'ayons aucune indication les concernant (Quercus eduardi), soit qu'ils aient une très large répartition (Q. crassifolia).

La forêt septentrionale se rencontre dans les Etats de Coahuila, Nuevo Leon et le nord de l'Etat de San Luis Potosi ; la forêt méridionale, dans le sud de l'Etat de San Luis Potosi et de l'Etat d'Hidalgo. Donc, du nord au sud de la région étudiée, le genre Quercus est présent ; il constitue la trame de la végétation arborée ; dans les forêts de Pinus cembroides à Quercus sp., la trame est visible ; dans les forêts à Pinus cembroides seul, elle s'efface, mais elle sous-tend le paysage végétal. Cette situation du chêne rappelle celle du chêne vert au Maroc, dont EMBERGER (1939) écrivait " le chêne-vert est le ciment vivant des massifs forestiers ". Le chêne est-il plus résistant que Pinus cembroides, s'accomode-t-il mieux de sols lithiques ? Les plus belles forêts de Pinus cembroides (Nuevo Leon) se rencontrent sur sol épais et peu caillouteux. Un paysage végétal comme celui exprimé par la coupe 2 est-il dû à des conditions climatiques un peu différentes, défavorisant Pinus cembroides au sommet de la croupe ou à la distribution historique du pin et du chêne au Mexique ? Une cause climatique n'est pas à exclure : les forêts de Pinus cembroides, dans cette zone, montent plus haut dans les talwegs que sur les versants ouverts.

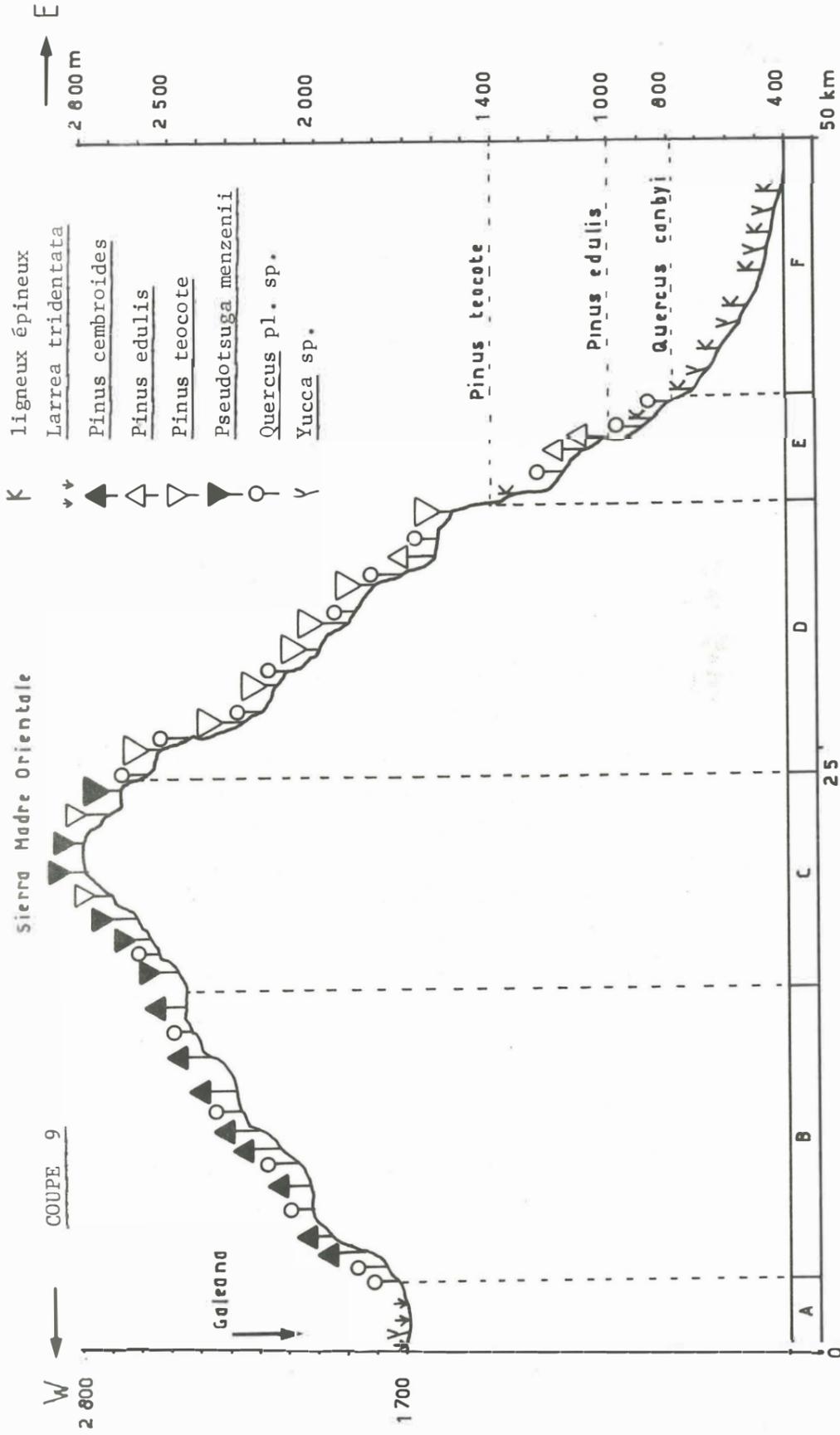
Le genévrier se rencontre aussi du nord au sud de la région étudiée, mais sans continuité. Remarquons d'abord que ce n'est pas la même espèce partout : Juniperus flaccida au sud de San Luis Potosi, Juniperus deppeana à San Luis Atexcac, peut-être une espèce différente dans le nord. Mais, leur comportement est le même : ils se trouvent soit dans des creux, des fonds de vallée ou sur des replats. Ils sont souvent situés entre la végétation xérophytique et la forêt de Pinus cembroides. S'agit-il de plantes très xérophiles ? Peut-être, mais nous ne les avons jamais observées dans une formation xérophytique à Prosopis. Par contre, nous les avons trouvés dans les forêts de Pinus cembroides, toujours en petit nombre.

La formation basse et dense de genévriers observée près des maisons du village de Pablillo, à la limite inférieure de la forêt de Pinus cembroides, semble être une formation secondaire. Un grand nombre des formations de genévriers sont dans ce cas ; elles se seraient développées après la coupe de la forêt, soit par multiplication de genévriers présents dans la forêt, soit par ornithocorie. Mais, nous n'avons pas d'arguments décisifs en faveur de l'une ou l'autre de ces hypothèses. Cependant, les genévriers sont peut-être liés à certains fonds de vallée (San Luis Atexcac par exemple), pour des raisons édaphiques ou climatiques.

Quant à Yucca sp., nous l'avons déjà dit, c'est une plante abondante dans la zone aride du Mexique et dans les enclaves arides de San Luis Potosi et de Veracruz.

III . Limite altitudinale supérieure de la forêt de Pinus cembroides

La limite altitudinale supérieure de la forêt de Pinus cembroides s'élève du nord au sud des régions étudiées ; elle est de 2 500 m au nord, de 2 700 m au sud. Dans la vallée de San Antonio de las Alazanas (coupe 1), 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, 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 jusqu'à une certaine hauteur où elles décroissent ; 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 (Annexe 6) et reste lente, même si les précipitations annuelles sont plus élevées : 600 mm au Transvaal (Annexe 6); Pinus cembroides ne peut supporter la concurrence des autres plantes, peut-être à cause de son besoin de lumière.



Coupe schématique de la Sierra Madre Orientale entre Galeana et Linares (N.L.) d'après Muller, 1939, modifié par M.F. Robert, 1972.

- A. matorral à Larrea tridentata
- B. forêt de Pinus cembroides, localement îlot de Quercus
- C. forêt de Pseudotsuga menzenii et Pinus
- D. forêt de Pinus teocote, Pinus, Quercus pl. sp.
- E. formation de ligneux épineux à Pinus edulis et Quercus canbyi
- F. formation dense de ligneux épineux : Acacia, Prosopis, Yucca

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 Tropicque, 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 Tropicque 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. Par contre, le photopériodisme est différent au nord et au sud du Tropicque, c'est peut-être ce qui explique que les forêts du Nuevo Leon sont, dans l'ensemble, plus hautes que celles de San Luis Potosi, Hidalgo, Puebla.

La coupe schématique 9 propose un essai de situation de la forêt septentrionale de Pinus cembroides dans la succession altitudinale des formations végétales sur les deux versants de la Sierra Madre Orientale, entre Galeana et Linares. Remarquons que si Pinus cembroides est absent du versant oriental de la Sierra Madre Orientale à ce niveau, MULLER (1937) signale la présence de Pinus edulis vers 1 000 m dans une formation xérophytique. D'après MARTINEZ (1948), Pinus edulis et Pinus cembroides ont une étroite parenté. Il nous faut insister sur l'aspect schématique de cette coupe, et faire remarquer que l'absence de Pinus cembroides sur le versant est de la Sierra Madre Orientale n'implique nullement son absence sur les versants est des montagnes du Plateau central.

C H A P I T R E I I I

LA FORET DE PINUS CEMBROIDES DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

Préliminaire

Après avoir parcouru les forêts de Pinus cembroides de l'est du Mexique (carte 4) et effectué des relevés à l'intérieur de certaines d'entre elles, une étude plus détaillée nous paraissait nécessaire.

En 1971, les photographies en noir et blanc au 1/50 000 et au 1/25 000, faites par la CETENAP (Comision de Estudios del Territorio Nacional y Planeacion), étaient disponibles. Elles couvraient, en particulier, l'Etat de San Luis Potosi ; je choisis de travailler dans le sud de cet Etat. Après une étude sommaire des photographies aériennes au 1/50 000, une excursion de reconnaissance a été faite avec le Directeur de l'Institut de Recherches des zones arides de la ville de San Luis Potosi, dans la Sierra de Alvarez. Cette Sierra nous paraissait particulièrement intéressante, car elle appartient à la zone de contact entre le Plateau central et la Sierra Madre Orientale.

Il apparut très vite que l'organisation matérielle se heurtait à de grosses difficultés, dont la principale était l'absence de chevaux, indispensables pour parcourir la Sierra. Sur les conseils du Directeur de l'Institut, je décidai de travailler dans la Sierra de San Miguelito, autour de laquelle les villages sont plus nombreux que dans la Sierra de Alvarez. L'interprétation des photographies aériennes au 1/25 000 permit la détermination des transects et cheminements choisis en fonction de la pente et de l'exposition.

Mais ce choix n'a été respecté que dans les trajets effectués à pied ; la plupart du temps, les cheminements ont été très différents, soit que j'aie été obligée de suivre le guide, soit que la pluie ait rendu certains parcours impraticables à l'homme et aux chevaux.

I . Situation et structure de la Sierra de San Miguelito

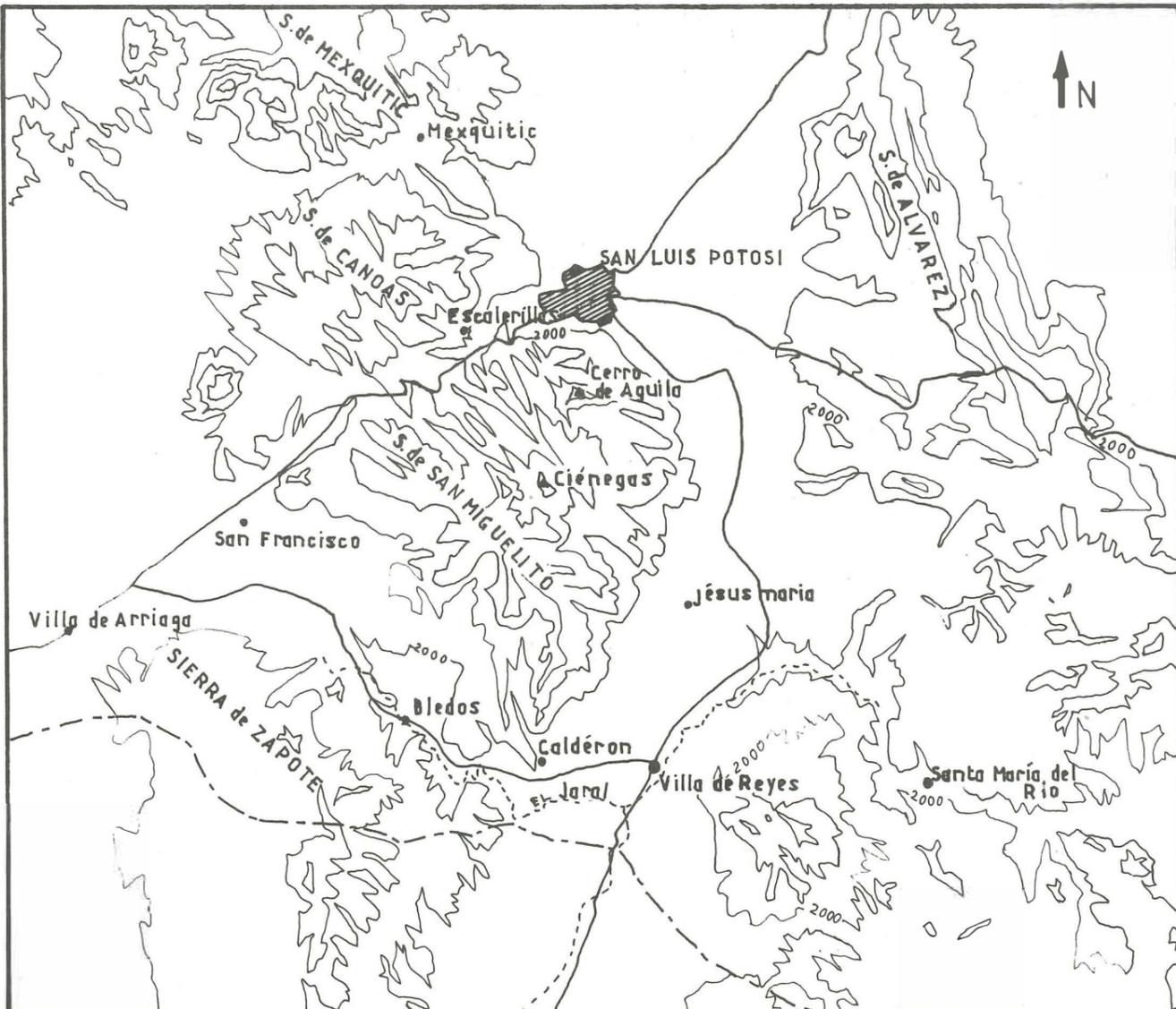
La Sierra de San Miguelito se situe au sud de la vallée de San Luis Potosi, dans le sud de l'état du même nom. Sa limite nord n'est pas nette : certains y rattachent la Sierra de Canoas et la Sierra de Mezquitic (carte 9). Dans la suite de cette étude, nous désignons par Sierra de San Miguelito, le massif éruptif qui s'étend de Calderon , au sud, à Escalerillas au nord. C'est un massif de roches éruptives claires d'âge miocène, son versant nord fournit une pierre dure et rose, utilisée pour la construction de la ville de San Luis Potosi.

Dans l'intérieur de la Sierra, les traces de métamorphisme sont nettes : orientation des minéraux, microplis. Tout le massif - comme les Sierras de Canoas et de Mezquitic - est minéralisé en plomb, argent, et surtout étain ; le minerai d'étain est exploité de façon artisanale par les habitants des environs. L'altitude moyenne des crêtes est de 2 400 m, mais la Sierra atteint 2 800 m au Cerro del Aguilar et dans les Ciénegas (ciénegas signifie marécage ; le sommet est en effet creusé de petites dépressions remplies d'eau en saison des pluies). La Sierra est profondément disséquée par des vallées étroites en V ; elle est très difficile à parcourir à cause de son relief tourmenté : barrancas, falaises escarpées, pics inaccessibles. Le versant est, abrupt, domine la plaine de Villa de Reyes dont l'altitude moyenne est de 2 000 m ;

CARTE 9

Légendes

- hydrographie
- - - - - limite d'Etat
- route
- ⊂ courbe de niveau
- équidistance: 250 m



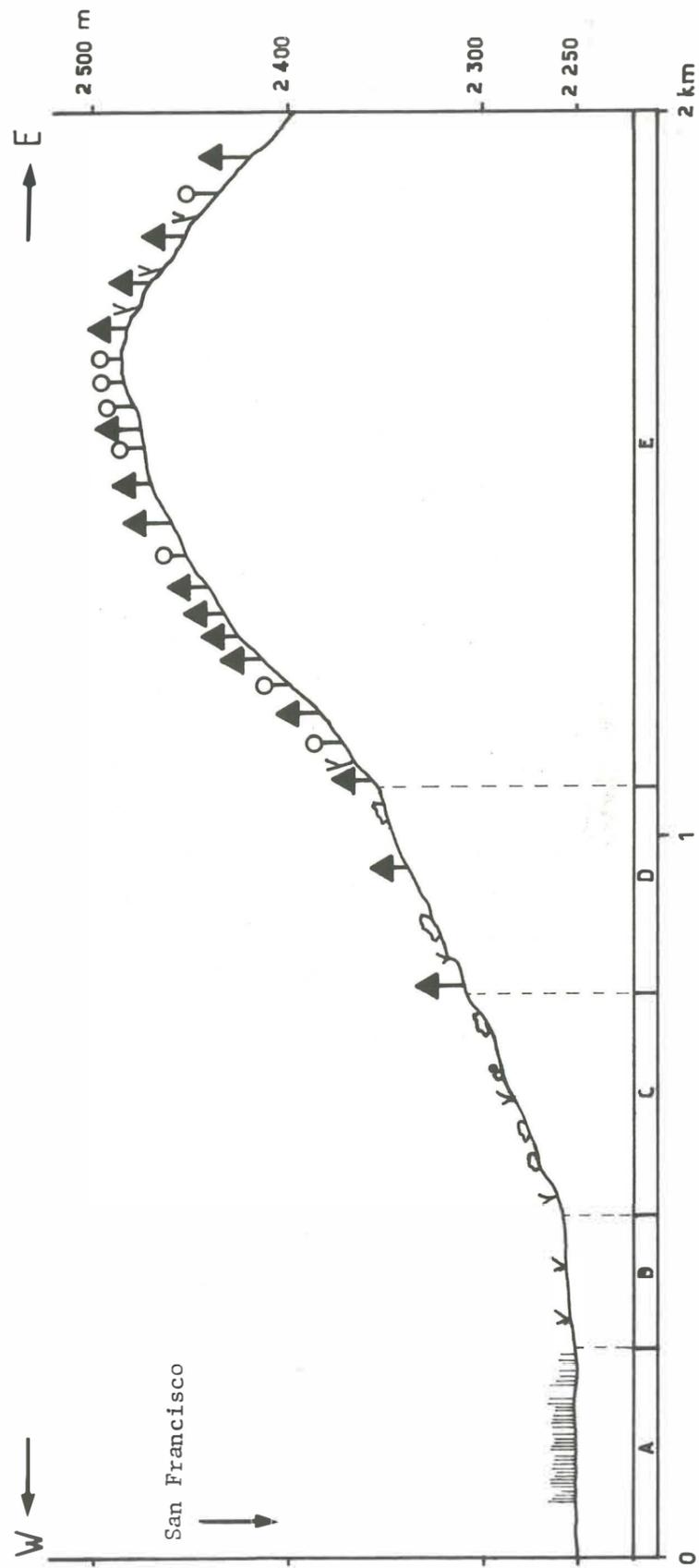
d'après les feuilles de
SAN LUIS POTOSÍ et QUERETARO
au 1/500 000



c'est une plaine large où la culture et l'élevage sont développés. Le versant ouest, moins abrupt, descend par une série de gradins dans les vallées de Bledos et de San Francisco. La vallée de Bledos se rétrécit vers le sud, entre la Sierra de San Miguelito et la Sierra de Zapote. La vallée de San Francisco s'ouvre largement sur le bassin fermé de Villa de Arriaga, bassin dont l'altitude moyenne est de 2 200 m ; il est occupé par des cultures (maïs) et des prairies naturelles peu denses.

Les eaux du versant ouest de la Sierra s'écoulent, pour une grande partie, dans la vallée de Bledos ; au mois d'août, le chemin de terre qui traverse la vallée est coupé par des torrents en crue. De nombreuses retenues d'eau, en pierre ou en terre, ont été faites, elles permettent l'irrigation de la vallée de Bledos pendant la saison sèche. Le surplus des eaux est drainé par un ruisseau : le Jaral, qui rejoint à l'est de la Sierra de San Miguelito, le rio Santa Maria qui reçoit aussi les eaux du versant est. La ligne de partage des eaux entre les deux versants se situe au niveau des Ciénegas. Les eaux du versant nord descendent vers San Luis Potosi et sont retenues dans les barrages qui alimentent la ville en eau.

Dans le nord de la Sierra, la roche affleure, érodée ; sur quelques replats, Dodonaea viscosa s'est implanté et se multiplie ; sur d'autres, Quercus potosina forme un taillis bas inextricable et discontinu. C'est très loin dans l'intérieur de la Sierra que l'on rencontre Pinus cembroides.



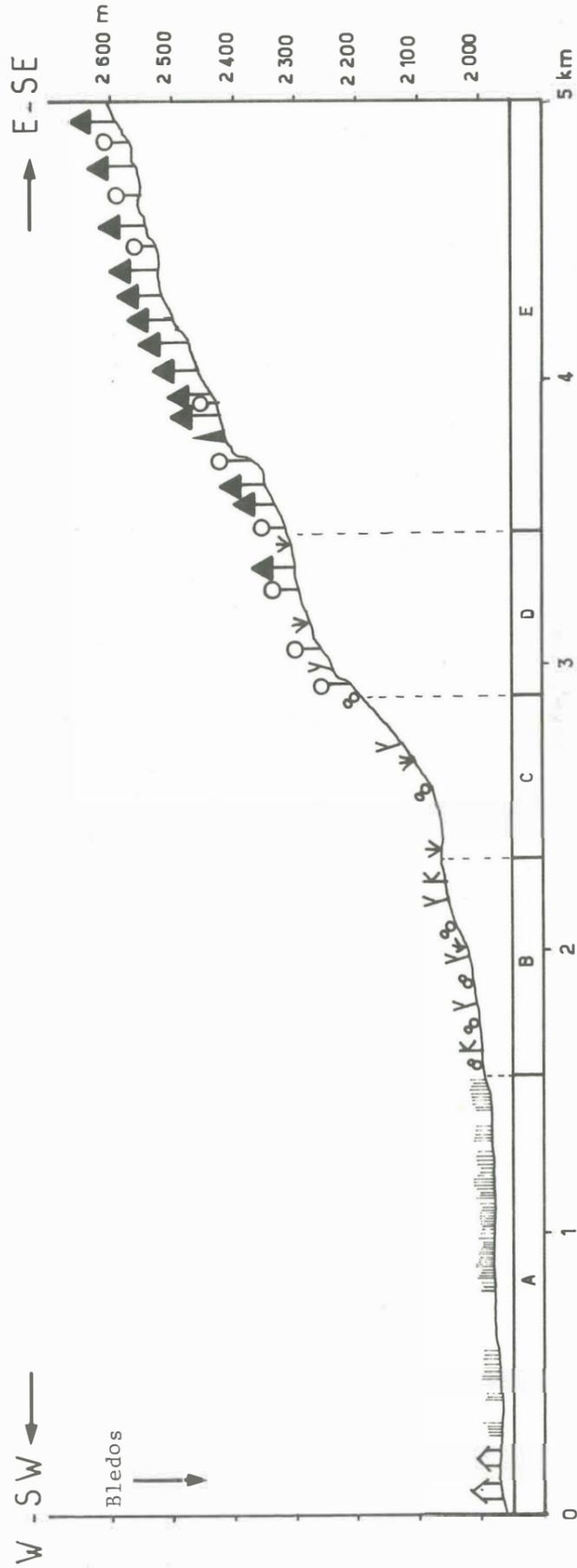
- cailloux
- ▨ cultures
- Y Graminées
- ▲ Pinus cembroides
- Quercus potosina
- ♂ Opuntia sp.
- Y Yucca sp.

- A. cultures
- B. piémont et zone d'accumulation creusée de barrancas
- C. bas de versant rocailleux à Graminées et Opuntia
- D. Pinus cembroides isolés sur le versant rocheux
- E. forêt de Pinus cembroides à Quercus potosina et Yucca

II . La forêt de Pinus cembroides

II . 1 - Limites inférieures et supérieures

Si, partant du village de San Francisco, nous suivons le cheminement schématisé sur la coupe 10, nous traversons successivement : des cultures, une zone d'accumulation creusée de profondes barrancas, le piémont rocailleux ; puis, nous atteignons le versant dont la pente moyenne est de 30 %. Pinus cembroides apparaît, isolé, dès 2 300 m ; le nombre d'individus augmente avec l'altitude, et vers 2 450 m, nous sommes dans une forêt. Les pins ont de 4 à 6 m de haut, ils sont vigoureux et portent des cônes. Au niveau de San Francisco, la forêt de Pinus cembroides est en contact avec la formation basse de Quercus potosina qui pénètre dans la forêt de pins ; les chênes, hauts de 2 m, sont, par places, plus nombreux que les pins et forment un taillis. Des Yucca sont présents dans la forêt.



cultures
Dasyllirion sp.
Juniperus flaccida
Acacia farnesiana
Opuntia sp.
Pinus cembroides
Quercus potosina
Yucca sp.

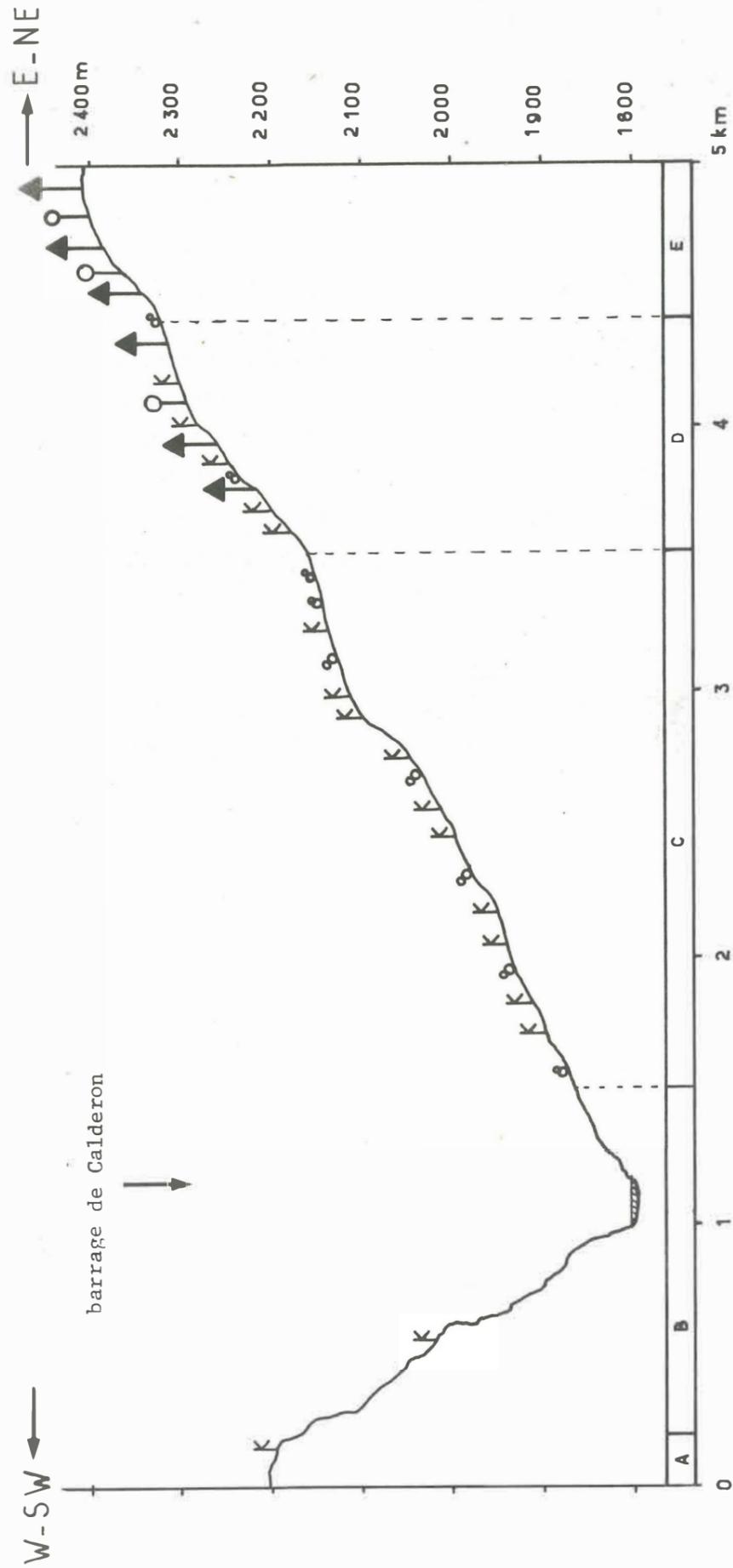
♂ ♀ Y

A. cultures

- B. formation de ligneux hauts ou bas à stratification irrégulière (Acacia farnesiana, Dasyllirion, Opuntia, Prosopis et Yucca)
 C. matorral à ligneux bas dominants : Dasyllirion, Opuntia et Yucca
 D. transition : Pinus cembroides et Quercus isolés dans le matorral
 E. forêt de Pinus cembroides à Quercus potosina, localement à Juniperus flaccida

Plus au sud, au niveau de Bledos (coupe 11), sur les piémonts et le bas du versant de la Sierra, on trouve une végétation de ligneux hauts ou bas, épineux pour la plupart : Eysenhardtia sp., Acacia farnesiana, Dasyllirion sp., Opuntia streptacantha, Yucca sp., Acacia farnesiana ne monte pas au-dessus de 2 200 m ; la formation végétale se réduit à Dasyllirion, Yucca, localement Euphorbia anti-syphilitica et des Graminées (photo 9). Vers 2 250 m, les premiers Pinus cembroides apparaissent, à 2 350 m, nous entrons dans la forêt de Pinus cembroides. Quercus potosina est présent dans la forêt mais forme rarement des taillis. A partir de 2 600 m, Pinus teocote remplace peu à peu Pinus cembroides qui est absent à 2 700 m.

A 2 750 m (photo 10), outre Pinus teocote, la strate arborée est composée de Quercus castanea, la strate arbustive comprend Vaccinium sp., Prunus sp., Quercus repanda ; ce dernier ne dépasse pas 50 cm de haut.



- K Acacia farnesiana
- ♂ Opuntia sp.
- ▲ Pinus cembroides
- ♀ Quercus potosina

A. plateau déboisé

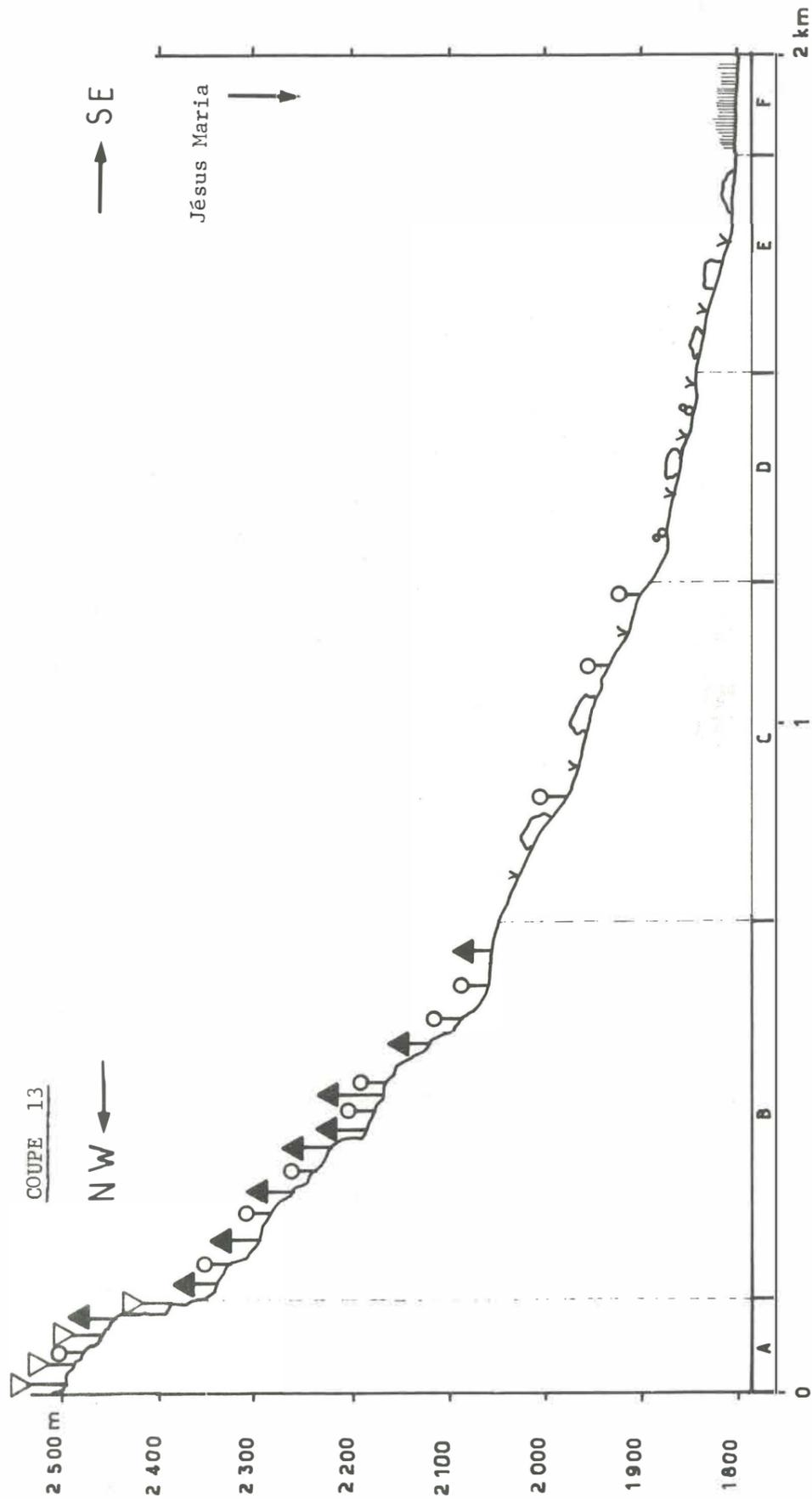
B. versant érodé

C. formation de ligneux hauts ou bas à stratification irrégulière (Acacia farnesiana, Opuntia)

D. formation à Pinus cembroides, Acacia farnesiana, Quercus potosina

E. forêt ouverte de Pinus cembroides

Une coupe WSW - ENE dans l'extrême sud de la Sierra de San Miguelito, au niveau de Calderon (coupe 12), montre une succession de végétation peu différente de celle observée à Bledos. Mais, au niveau de Calderon, Pinus cembroides apparaît dans la formation à Acacia farnesiana ; le passage de cette formation à celle de Pinus cembroides est progressif, sans coupure.



- | | | |
|--------|-------------------------|--|
| ▨▨▨▨▨▨ | cultures | A. forêt de <u>Pinus teocote</u> |
| v | Graminées | B. forêt de <u>Pinus cembroides</u> et <u>Quercus eduardi</u> , <u>macrophylla</u> , <u>potosina</u> |
| ♂ | <u>Opuntia</u> sp. | C. formation ouverte à <u>Quercus</u> et Graminées sur cailloux |
| ▲ | <u>Pinus cembroides</u> | D. <u>Opuntia</u> et Graminées sur piémont caillouteux |
| ▽ | <u>Pinus teocote</u> | E. Graminées sur ancien lit de torrent |
| ○ | <u>Quercus pl.</u> sp. | F. cultures |

Sur le versant est de la Sierra, au niveau du village de Jésus Maria (coupe 13), après les dernières cultures, nous traversons une zone de blocs et de cailloux, ancien lit d'un torrent aujourd'hui sec. Quelques Agaves et des Graminées forment la végétation de ce "mal pais", végétation dont le recouvrement varie de 5 à 10 % de la surface du sol. Sur le piémont caillouteux, Bouteloua curtispindula, Bouteloua gracilis, quelques pieds d'Opuntia rastrera et de Jatropha spathulata constituent la végétation. Puis, nous pénétrons à l'intérieur d'une vallée fermée, les Graminées y sont plus hautes que sur le piémont et recouvrent environ 20 % de la surface du sol. Les premiers arbres que l'on rencontre sont des chênes arbustifs (Quercus potosina).

La vallée est très protégée ; en août elle est très humide : le sol, les cailloux sont couverts d'un tapis presque continu de Sélaginelles (Selaginella rupestris surtout). Quand l'on pénètre plus dans la vallée, les chênes, plus nombreux, sont représentés par 3 espèces : Quercus potosina, Quercus eduardi, Quercus macrophylla. Tous ces chênes ont un tronc de faible diamètre, ils sont couverts de glands ; leur vitalité est grande. L'impression perçue en suivant cette vallée, comparée au versant ouest, est celle de la grande variété des espèces (relevé 49, annexe 4) et d'une vie intense.

Cette vallée fermée jouit sans nul doute d'un microclimat légèrement différent de celui des vallées ouvertes des deux versants de la Sierra. L'abondance des Sélaginelles qui couvrent le sol entre 2 000 et 2 200 m indique que pendant la saison des pluies, cette vallée est plus humide que les autres.

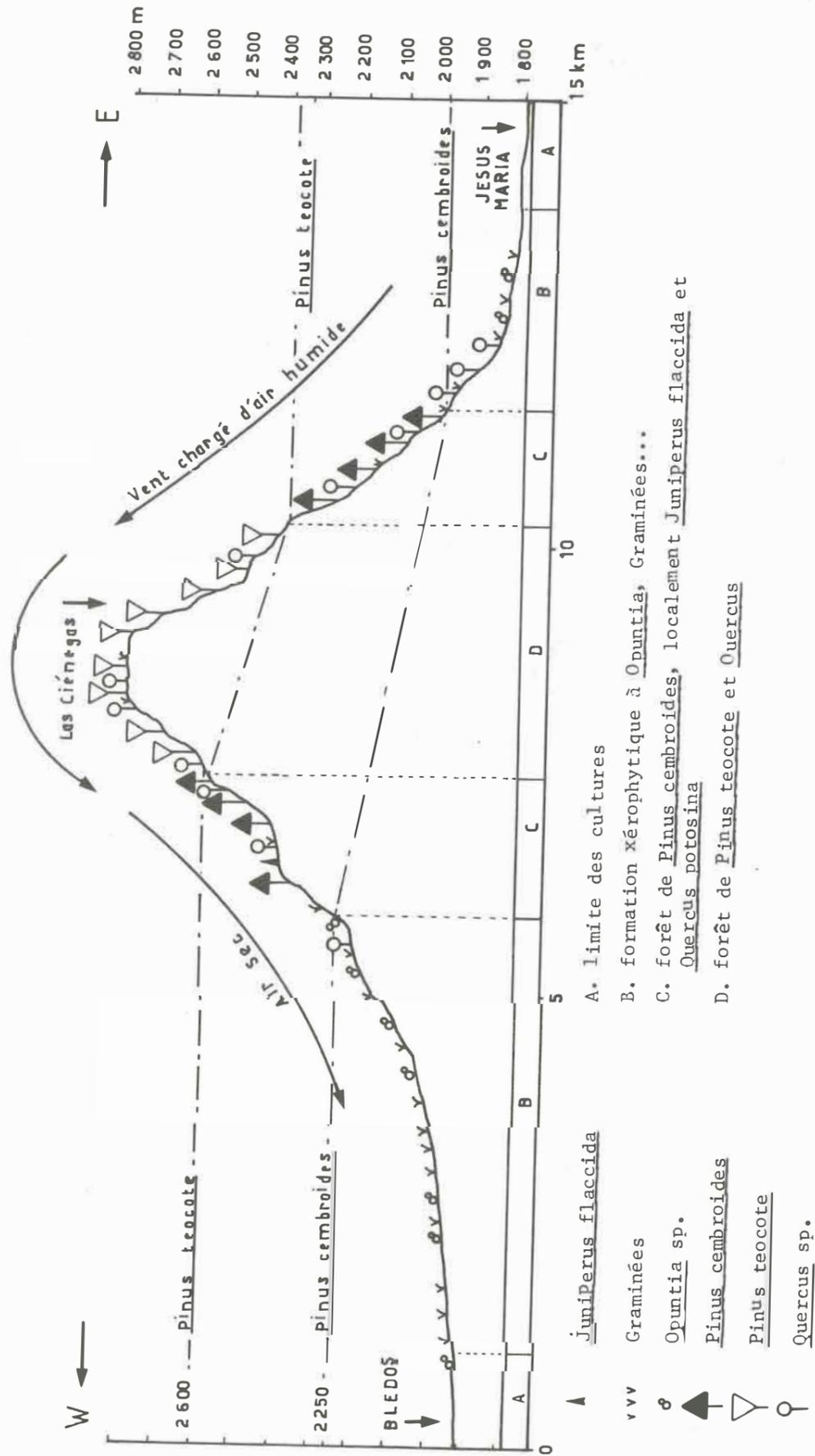
Vers 2 050 m, Pinus cembroides se mêle aux chênes ; à 2 200 m, il est aussi abondant que les diverses espèces de chênes. A 2 350 m, Pinus teocote s'ajoute aux espèces précédentes ; vers 2 450 m, il est dominant, et au-dessus de 2 500 m, Pinus cembroides a disparu.

Sur le versant nord-est, mais dans une vallée plus ouverte que la précédente et plus proche de la ville de San Luis Potosi, la végétation est moins riche. Sur le piémont, les plantes succulentes (Opuntia, Dasyliirion, Agave) ne dépassent pas 2 m de haut, leur stratification est irrégulière ; les Graminées sont nombreuses. A 2 000 m, Quercus potosina, Quercus macrophylla apparaissent dans cette végétation ; vers 2 100 m il s'y ajoute des individus isolés de Pinus cembroides. La stratification horizontale de cette formation de chênes et de pins est irrégulière (photo 11) ; c'est, semble-t-il, le résultat de la dégradation d'une forêt à pins et chênes. Des zones brûlées il y a 4 ans sont occupées par des chênes seuls et Dasyliirion. Au-dessus de 2 350 m, les abrupts et les sommets sont recouverts de chênes (Quercus potosina est dominant).

L'interprétation de ces coupes et de nombreuses observations de terrain nous conduisent à, au moins, deux constatations :

- a) La limite altitudinale supérieure de la forêt de Pinus cembroides est variable, et l'étagement altitudinal des espèces arborées principales est différent sur les deux versants E et W de la Sierra.
- b) La limite inférieure des forêts de Pinus cembroides est variable et descend quand on se déplace vers le sud de la Sierra.

COUPE SCHEMATIQUE de la SIERRA de SAN MIGUELITO 14



Nous reprendrons successivement ces deux points :

a) La limite altitudinale supérieure de la forêt de Pinus cembroides est variable sur les versants oriental et occidental de la Sierra de San Miguelito ; l'étagement altitudinal naturel des espèces arborées principales y est différent sur ces deux versants. C'est ce qui semble ressortir de la comparaison des coupes 13 et 11.

La coupe 14 est un essai de représentation de l'étagement altitudinal naturel de la végétation dans le sud de la Sierra de San Miguelito. Sur le versant oriental, Pinus cembroides est présent dès 2 000 m ; jusque 2 350 m, il est soit en massif pur, soit mélangé à différentes espèces de chênes. Vers 2 350 m, les premiers individus de Pinus teocote apparaissent ; à 2 400 m Pinus cembroides est déjà absent. Au contraire, sur le versant ouest, Pinus cembroides se rencontre, isolé, vers 2 250 m ; il est concurrencé par Pinus teocote à partir de 2 600 m et n'atteint pas 2 700 m.

La coupe schématique 14 n'est pas applicable dans le nord-ouest de la Sierra, où Pinus cembroides se rencontre parfois entre 2 250 m et 2 350 m, mais il laisse généralement la place à une formation basse de Quercus potosina. Cette dernière est sans doute une formation secondaire due à l'influence humaine.

L'opposition entre versant sud et versant nord, à l'intérieur de la Sierra, est souvent très nette : les versants sud sont couverts par une végétation plus clairsemée, surtout en bas de versant.

TABLEAU 4

Limites de la forêt de Pinus cembroides dans la Sierra de San Miguelito

(les coupes 10, 11 et 12 sont faites sur le versant occidental, les autres sur le versant oriental)

altitude en m	Coupe 10 exposition W	Coupe 11 exposition W-SW	Coupe 12 exposition SW	Coupe 13 exposition SE	Vallée proche de San Luis Potosi exposition NE
2 800		Forêt de <u>Pinus teocote</u>			
2 700		<u>Quercus castanea</u> et <u>Quercus potosina</u>			
2 600		-----			
2 500	Forêt de	Forêt de		Forêt	
2 400	<u>Pinus cembroides</u>	<u>Pinus cembroides</u>		de <u>Pinus teocote</u>	Forêt basse de
2 300	<u>Pinus cembroides</u> isolés <u>Opuntia</u> sp. et Graminées sur cailloux	<u>Pinus cembroides</u> isolés <u>Dasyliirion</u> sp., <u>Yucca</u> sp., <u>Opuntia</u> sp.	Forêt de <u>Pinus cembroides</u>	Forêt de <u>Pinus cembroides</u>	<u>Quercus potosina</u> Forêt très ouverte de <u>Pinus cembroides</u>
2 200				<u>Pinus cembroides</u>	<u>Quercus potosina</u>
2 100		Formation de ligneux hauts ou bas à <u>Acacia</u> <u>farnesiana</u> , <u>Opuntia</u> sp.	<u>Pinus cembroides</u> isolés Formation de ligneux hauts ou bas à <u>Acacia</u> <u>farnesiana</u>	<u>Q. eduardi</u> <u>Q. macrophylla</u> <u>Q. potosina</u>	<u>Opuntia</u> sp., <u>Agave</u> sp.
2 000		cultures			
1 900				Graminées Cultures	
1 800					

NW

S

NE

— limite absolue

----- limite d'une formation végétale

b) La limite inférieure de la forêt est variable.

Le tableau 4 résume les principales situations de Pinus cembroides dans la Sierra de San Miguelito. Deux cas principaux se présentent : ou bien la végétation du niveau inférieur à celui de la forêt de Pinus cembroides est une formation d'arbres épineux à stratification irrégulière (Acacia et Prosopis), ou bien cette végétation est constituée uniquement d'une strate de Graminées et de quelques Opuntia. Mais contrairement à ce que nous avons observé dans le Nuevo Leon, la forêt de Pinus cembroides n'est jamais en contact avec les cultures. Par ailleurs, la limite inférieure de la forêt de Pinus cembroides descend lorsque l'on se déplace vers le sud de la Sierra ; cela semble être une preuve de l'influence humaine.

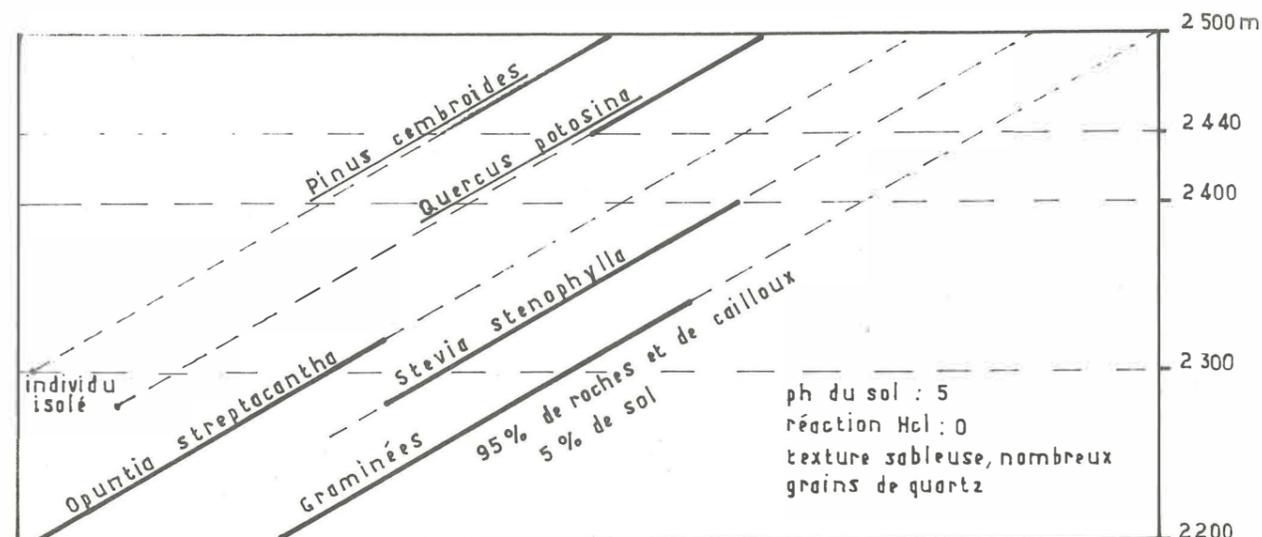
La pression humaine serait plus forte vers le nord de la Sierra de San Miguelito, c'est-à-dire en se rapprochant de la ville de San Luis Potosi. Nous reviendrons ultérieurement sur cet aspect.

Une question s'est posée à nous :

Les formations à Graminées sont-elles naturelles comme les prairies du bassin de Villa de Arriaga, ou proviennent-elles de la dégradation d'une formation d'arbres épineux (Acacia farnesiana et Prosopis juliflora) ou de la dégradation de la forêt de Pinus cembroides ?

Pour essayer de répondre à cette question, nous avons entrepris de faire des transects au niveau de San Francisco, dans la zone D de la coupe 11. Ces transects, faits à la corde (photo 12), le long de la ligne de plus grande pente du versant, ont des segments de 20 m. Nous donnons en annexe 5 le relevé floristique de 2 de ces transects dont le graphique 11 est l'interprétation. Reprenons les divers tronçons de la coupe 10 : la zone d'accumulation porte un sol marron à texture sableuse, localement ce sol est couvert de sable jaune riche en quartz et en feldspath. Au mois d'août, à côté de quelques Graminées, on trouve une Composée à tige ramifiée haute de 30 à 40 cm, à fleurs jaunes : Haplopappus venetus ; le recouvrement de l'ensemble n'atteint pas 10 % de la surface du sol. Sur le piémont rocailleux, Opuntia streptacantha, Agave parfois Jatropha ou Asclepias linaria forment des îlots de végétation basse ; si le sol est meuble, il est occupé par Haplopappus venetus et des Graminées. Le bas du versant est rocailleux : la végétation couvre moins de 10 % de la surface du sol ; elle est formée soit de quelques individus d'Opuntia streptacantha, soit de touffes de Stevia stenophylla et de Bouteloua. Le versant est très rocheux, le recouvrement de la végétation varie de 5 à 15 %. Les transects sont faits à partir de 2 300 m. Les espèces retenues dans le Graphique 11 sont les Graminées (Bouteloua et des espèces non déterminées 26, 32, 33, 38, 40), Stevia stenophylla, Opuntia streptacantha et, évidemment, Pinus cembroides et Quercus potosina.

GRAPHIQUE 11 Interprétation des transects 1 et 2 au niveau de San Francisco, versant W de la Sierra de San Miguelito : répartition altitudinale de quelques espèces



pente moyenne : 30 %

les tiretés indiquent que l'espèce est présente mais peu abondante

Le nombre des Graminées par segment diminue dans la formation à Pinus cembroides, mais les Graminées sont présentes dans la forêt. Stevia stenophylla semble, ici, comme au niveau de Bledos, caractériser le passage entre la formation à Graminées et Opuntia et la forêt. Nous n'avons pas trouvé cette espèce sur le versant est. A partir de 2 350 m, Opuntia streptacantha est moins abondant : un individu par segment de vingt mètres. Jatropha spathulata et Mimosa, abondants dans le transect 1, ne sont pas mentionnés dans le graphique 11 car ces espèces sont liées à des conditions particulières d'occupation du sol ; leur abondance traduit un surpâturage (chèvres). Plantago nivea, Cyperus seslerioides, caractérisent des sols gorgés d'eau en août et septembre.

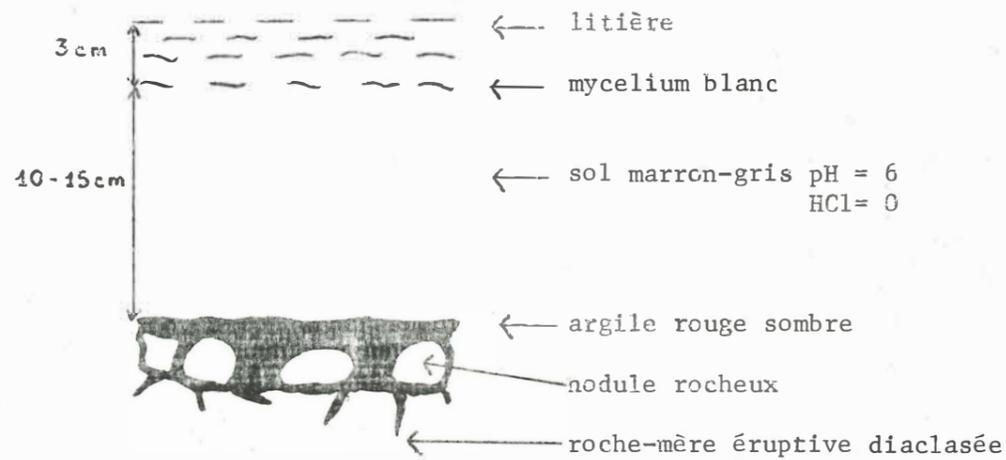
Ces transects sont trop peu nombreux pour démontrer avec certitude que la formation à Graminées et Opuntia provient de la dégradation de la forêt de Pinus cembroides. Une étude détaillée de la strate graminéenne à l'intérieur de la forêt apporterait peut-être des précisions à la question posée. Il serait aussi très utile de suivre pendant un certain nombre d'années des parcelles protégées, cela apporterait des précisions sur la dynamique de la végétation sans répondre entièrement à la question posée plus haut.

II . 2 - Les sols de la forêt de Pinus cembroides

Rappelons que, dans l'ensemble, la Sierra de San Miguelito est formée de roche éruptive claire, sur laquelle se rencontrent des sols peu épais atteignant rarement 30 cm de profondeur. Ce sont, généralement, des sols peu évolués à un horizon passant en profondeur à un complexe argilo-sableux à nodule rocheux.

Dans la forêt de Pinus cembroides, sur pente douce, nous avons trouvé des sols dont le profil est celui-ci :

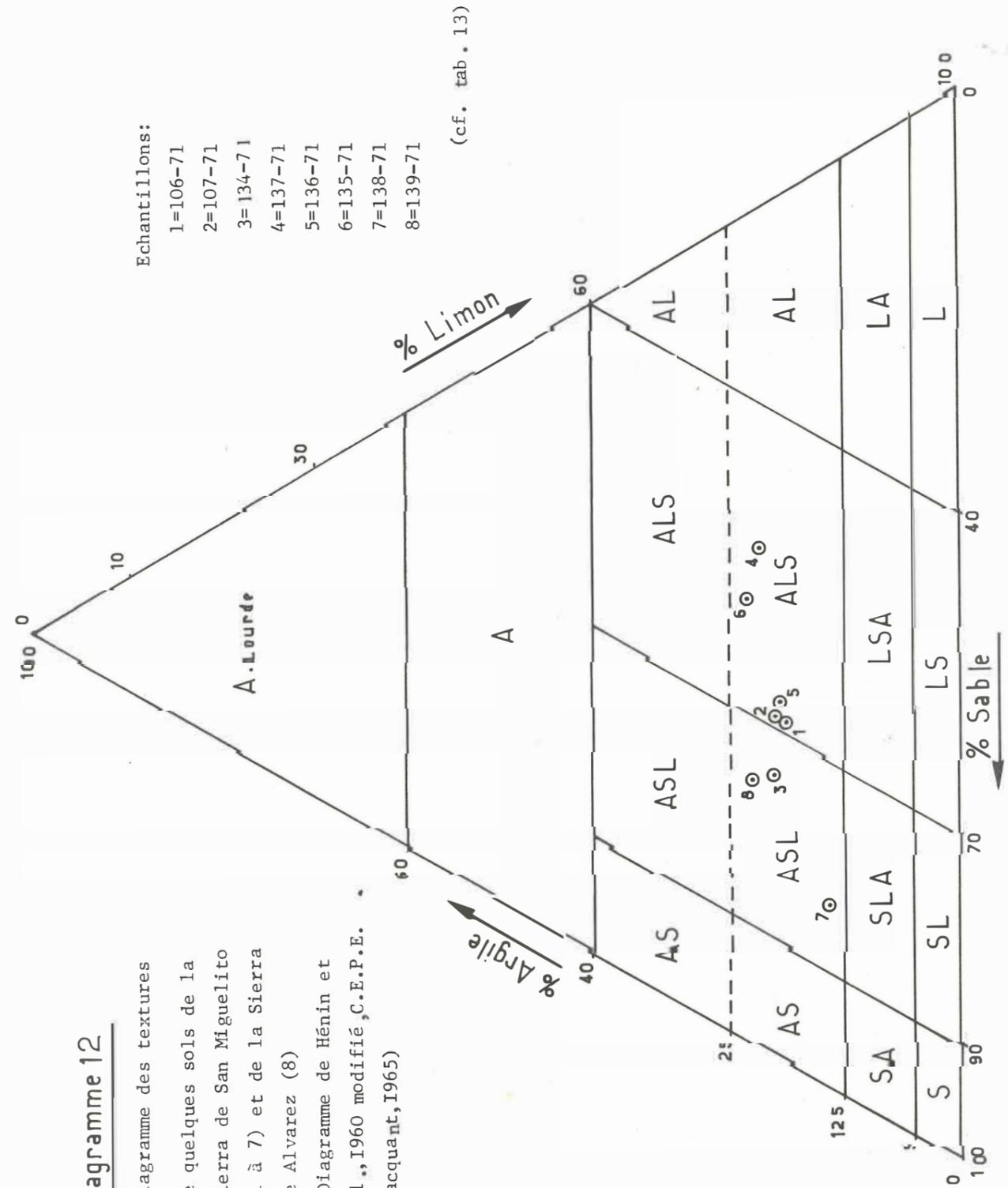
Profil du sol 107-71



La litière composée de feuilles de chênes coriaces, semble se décomposer très lentement ; son épaisseur atteint parfois 10 cm. Fréquemment un mycélium blanchâtre s'observe à sa face inférieure. Au-dessous de la litière, l'horizon argilo-sableux atteint 10 à 15 cm d'épaisseur ; quand il est sec, il est de couleur marron-gris, mouillé il est marron. Cet horizon est moyennement acide (pH = 6), et il passe sans transition à l'argile rouge sombre à nodule rocheux en contact avec la roche-mère diaclasée.

Diagramme 12

Diagramme des textures de quelques sols de la Sierra de San Miguelito (1 à 7) et de la Sierra de Alvarez (8) (Diagramme de Hénin et al., 1960 modifié, C.E.P.E. Wacquart, 1965)



Si la forêt est située sur un versant à pente moyenne ou forte, la litière est entraînée par les pluies torrentielles d'été et se dépose sur des replats, des microterrasses, ou en amont de blocs rocheux. L'observation de nombreux sols en place a montré qu'ils avaient une texture argilo-sableuse : le sable est constitué de grains de quartz et de feldspath ; après la pluie, le sol adhère aux doigts qu'il colore en marron. Le diagramme 12 établi pour quelques échantillons de sol du versant ouest de la Sierra de San Miguelito précise ces observations.

La texture des sols est argilo-sablo-limoneuse à argilo-limono-sableuse ; la teneur en sable varie de 50 à 80 %, la teneur en argile est toujours comprise entre 12,5 et 25 %. En surface, les sols ont un pH compris entre 5 et 6, ils sont donc moyennement acides (DUCHAUFOR, 1970).

DONNEES DE TERRAIN ET RESULTATS D'ANALYSE (1) DE QUELQUES SOLS
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO ET DE LA SIERRA DE ALVAREZ (ECHANTILLON 139-71)
PRELEVES DANS DES FORETS A PINUS CEMEROIDES

Echantillon n°	(1) 106-71	(2) 107-71	(3) 134-71	(4) 137-71	(5) 136-71	(6) 135-71	(7) 138-71	(8) 139-71
Altitude en	2 450	2 450	2 300	2 530	2 530	2 530	2 200	2 100
Pente	20 %	20 %	10 %	0	0	0	20 %	10 %
Exposition	SW	SW	SW	W	W	W	S	SE
Prélèvement fait sous	chêne	pin	pin	pin	genévrier	chêne	pin	pin
Epaisseur de la litière	5 cm	5 cm	2 cm	5-10 cm	5 cm	2 cm	0	0
Profondeur du sol en cm	10-15	10	15-20	20-30	30	15-20	10-40	40
Roche-mère	rhyolite	rhyolite	rhyolite	rhyolite	rhyolite	rhyolite	rhyolite	calcaire
pH en surface (2)	-	6	5	-	5	5	5-6	-
pH au laboratoire (3)	5,5	5,6	5,75	7,55	5,90	4,75	5,8	7,85
Couleur sec (code Munsell)	IOYR 6/2 gris brun pâle gris cafésáceo claro	IOYR 6/3 beige foncé café pálido	IOYR 5/2 gris brun café grisáceo	IOYR 4/2 brun gris foncé café grisáceo oscuro	IOYR 4/1 gris foncé gris obscuro	IOYR 5/2 gris brun café grisáceo	IOYR 6/2 gris brun pâle gris cafésáceo claro	IOYR 3/1 gris très foncé gris muy oscuro
Couleur humide	IOYR 4/2 brun gris foncé café grisáceo oscuro	IOYR 3/3 brun foncé café obscuro	IOYR 3/2 brun gris très foncé café grisáceo muy obscuro	IOYR 2/2 brun très foncé café muy oscuro	IOYR 2/2 brun très foncé café muy oscuro	IOYR 3/3 brun foncé café obscuro	IOYR 3/2 brun gris très foncé café grisáceo muy obscuro	IOYR 2/1 noir negro
sables (5)	49,24	48,24	53,40	31,60	47,70	35,04	68,56	51,84
Texture (4) limons (5)	31,72	31,72	26	45,72	33	41,36	17,36	25,72
argiles (5)	19,04	20,04	20,60	22,68	19,30	23,60	14,08	22,44
Matières organiques (5)	4,36	2,52	5,35	7,44	12,30	6,65	7,16	26,44
Azote total (6)	0,243	0,126	0,267	0,422	0,615	0,332	0,368	1,32
Phosphore total (7)	5 kg/ha	8 kg/ha	3 kg/ha	8 kg/ha	13 kg/ha	3 kg/ha	5 kg/ha	33 kg/ha
Potassium total (7) en kg/ha	380	477	360	640	490	420	850	510

- (1) les échantillons de sol ont été analysés au Laboratoire de pédologie de l'Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- (2) le pH en surface a été mesuré à la trousse colorimétrique Hellige.
- (3) pH mesuré sur échantillon délayé dans KCl (rapport 1/2,5).
- (4) texture déterminée d'après la méthode de l'hydromètre de BOUYOUKOS (BOUYOUKOS, c. 1928 - The hydrometer method for studying soils. Soil Sci., 38 : 335-345).
- (5) exprimé en % de terre fine sèche.
- (6) azote total mesuré d'après la méthode KJELDAHL modifiée ØAKSON, M.L., 1964 - Analisis químico de suelos, ed. Omega, Barcelona).
- (7) phosphore et potassium mesurés d'après la méthode de PEECH et ENGLISH modifiée (PEECH, M. et ENGLISH, L., 1944 - Rapid microchemical soil test. Soil Sci., 57 : 167-195).

Le tableau 5 fournit les résultats d'analyse pour les mêmes échantillons de sol que ceux localisés dans le diagramme de texture. Le pH au laboratoire est compris entre 4,75 et 7,55 ; ce dernier résultat pour un échantillon non étudié sur le terrain ; 7,55 est une valeur proche de celle du pH des sols prélevés dans la Sierra de Alvarez (pH = 7,85) et qui sont des rendzines lithiques.

Certains sols sont très riches en matières organiques. Entre échantillons prélevés sous les chênes et sous les pins, aucune différence sensible n'apparaît.

En résumé, les forêts de Pinus cembroides de la Sierra de San Miguelito se développent sur des sols peu profonds (10 à 30 cm), peu évolués, moyennement acides, riches en matières organiques. Ces sols sont appelés lithosols par les pédologues mexicains (F. GARCIA, 1971) qui utilisent la classification de la F.A.O., 1970.

TABLEAU 6

PRESENCE DES ESPECES ARBOREES ET ARBUSTIVES

DANS LES RELEVES (+) DU VERSANT ORIENTAL DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO

		2000 m	2100	2300	2300	2400	2 500 m		
Espèces		49 : 53 :	50 :	51 :	52 :	54 :	55 : 56 :		
Strate arborée	Pinus cembroides		x	x	x	x	x		
	Quercus eduardi	x	x	x	x				
	" potosina	x	x			x	x		
	" chihuahuensis	x		x					
	" crassifolia					x			
	" macrophylla		x				x	x	
	Pinus teocote					x	x	x	
	Yucca sp.		x		x				
2	Amelanchier sp.	x							
	Arctostaphylos sp.		x	x	x			x	
	Garrya ovata		x					x	
	Rhamnus sp.			x				x	x
	Salvia regla	x	x			x		x	x
3	Agave sp.				x			-x	
	Dasyllirion sp.	x	x	x	x				
	Jatropha spathulata				x				
Strate 4 arbustive	Opuntia sp.	x			x				
5	Baccharis sp.				x				
	Bouvardia ternifolia	x				x			
	Brickellia sp.					x			
	Croton sp.		x			x			
	Dalea		x			x		x	
	Desmodium orbiculare	x				x		x	
	Dodonaea viscosa	x	x	x	x				
	Hechtia sp.	x		x					
	Perymenium sp.			x					
Seymeria sp.		x					x		

(+) Ces relevés figurent dans l'annexe 4

Au niveau de la strate arbustive :

- 2 arbustes des forêts tempérées de pins et de chênes
- 3 espèces de zones arides
- 4 espèces liées à l'influence humaine
- 5 plantes à signification non précisée.

II . 3 - Types floristiques

Les relevés floristiques linéaires effectués sur le versant est de la Sierra de San Miguelito sont groupés dans le tableau 6, ceux du versant ouest dans le tableau 7. Dans ces tableaux ne figure pas la strate herbacée ; les listes floristiques complètes des principaux relevés utilisés dans cette étude sont données dans l'annexe 4.

Sur le versant est, la forêt de Pinus cembroides comprend Quercus potosina et aussi Quercus eduardi, Quercus chihuahuensis et Quercus crassifolia. Yucca, présent dans deux relevés sur 8, est numériquement peu abondant. Nous avons mis dans le groupe 2 - espèces forestières - Salvia regla, Amelanchier sp., Garrya ovata, Arctostaphylos sp. et Rhamnus sp., ce dernier observé à 2 000 m. Salvia regla se rencontre entre 2 000 et 2 500 m (dans la forêt de Pinus teocote).

Sur le versant ouest (tableau 7), quatre types de forêts de Pinus cembroides peuvent être distingués :

1 - La forêt de Pinus cembroides à Quercus potosina, la plus étendue ; elle appartient aux forêts méridionales distinguées dans le précédent chapitre.

2 - La forêt de Pinus cembroides et Juniperus flaccida peu étendue et strictement localisée au niveau de Bledos.

3 - La formation de Pinus cembroides à Quercus potosina et Acacia farnesiana du versant sud de la Sierra (niveau de Calderon).

4 - La forêt de Pinus cembroides seul, toujours sur des replats ou des coulées meubles de faible pente (photo 13).

TABLEAU 7

PRESENCE DES ESPECES ARBOREES ET ARBUSTIVES
DANS LES RELEVES (+) DU VERSANT OCCIDENTAL
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	57	42	58	59	27	62	39	20	23	15	17	36	63	64	65	37	43	25	26	24	16	61	44	60	29	35	41	28	33	30	31	32	34	45	46	47			
Pinus cembroides	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Quercus potosina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Yucca sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Acacia farnesiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Prosopis juliflora	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Eysenhardtia sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Juniperus flaccida																																							
Pinus teocote																																							
Quercus castanea																																							
" crassifolia																																							
" chihuahuensis																																							
Vaccinium sp.																																							
Amelanchier sp.																																							
Arctostaphylos pungens																																							
Brickellia thyrsoiflora																																							
Garrya ovata																																							
Salvia regla																																							
Agave sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Dasyliirion sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Jatropha spathulata	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Acacia sp.																																							
Mimosa sp.																																							
Opuntia sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Asclepias linaria																																							
Baccharis sp.																																							
Bouvardia ternifolia																																							
Croton sp.																																							
Dalea sp.																																							
Dodonaea viscosa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Eupatorium sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Perymenium parvifolium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

(+) Les relevés figurent dans l'annexe 4.

Au niveau de la strate arbustive :

- 2 = arbustes des forêts tempérées de pins et de chênes
- 3 = espèces de zone aride
- 4 = espèces liées à l'influence humaine
- 5 = plantes à signification non précisée.

Dans ces forêts, Yucca est présent ou non ; à cause de son importance dans la physionomie du paysage, nous avons dressé dans le graphique 13, le nombre de présences de Yucca dans les diverses classes d'altitude. Yucca est absent à 1 800 m et au-dessous, et à l'opposé, ne dépasse pas 2 600 m d'altitude. Le graphique 14 indique le nombre de présences en fonction de l'exposition : Yucca se rencontre partout, nous ne pouvons donc lui attribuer aucune signification pour l'écologie de Pinus cembroides. Il ne faut cependant pas oublier que l'homme a modifié profondément la répartition du Yucca (voir plus loin).

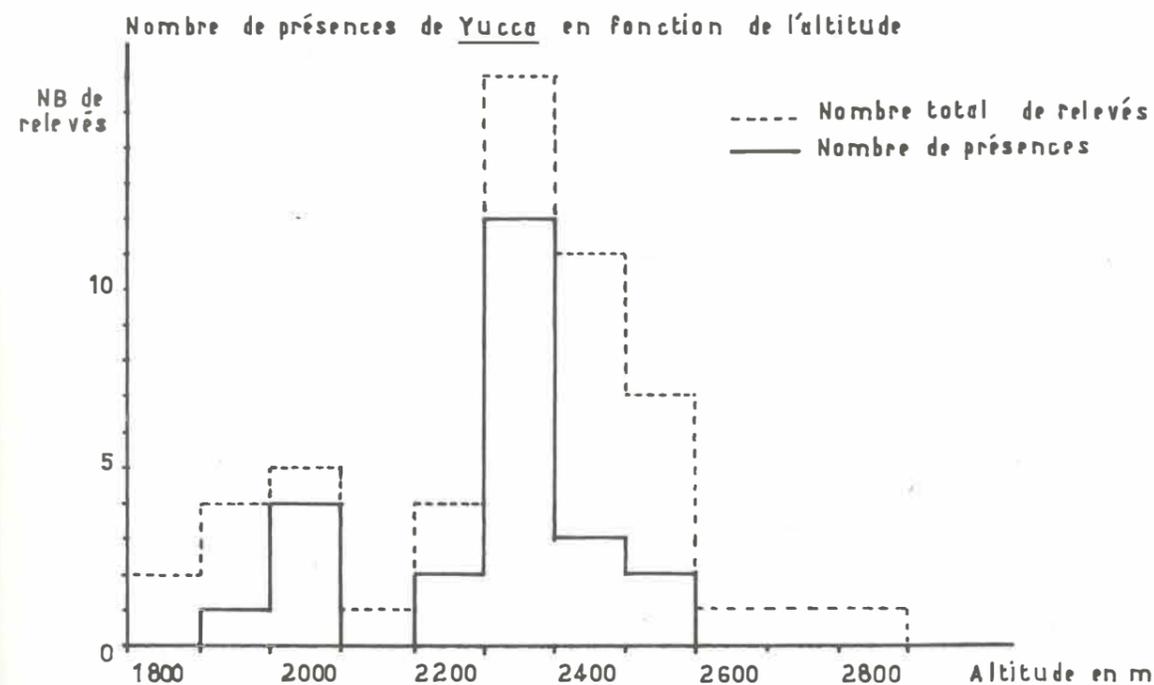
Parmi les plantes arbustives Vaccinium, Arctostaphylos, Garrya ovata, Amelanchier forment un groupe intéressant que l'on rencontre au-dessus de 2 500 m, dans la forêt de Pinus cembroides à Quercus potosina, et dans la forêt de Pinus teocote. Vaccinium est une espèce de climat froid, les autres espèces citées sont des plantes de forêt trouvées dès 2 000 m sur le versant est. Cette dernière remarque est-elle en corrélation avec l'étagement altitudinal des espèces sur les deux versants ?

Salvia regla semble liée à la forêt de Pinus cembroides à Quercus potosina, elle est absente des forêts de Pinus cembroides seul. D'ailleurs, la strate arbustive des forêts de Pinus cembroides seul est très pauvre.

Le graphique 15 indique le nombre de présences de Salvia regla par classe d'altitude ; il fait apparaître que cette espèce est plus fréquente quand l'altitude augmente, mais elle disparaît à 2 600 m. Sur le versant est, nous l'avons trouvée dès 2 000 m, mais au voisinage de Quercus potosina, cela confirmerait peut-être l'étagement altitudinal de la coupe 14. Salvia regla est une espèce liée à la forêt de pins et de chênes.

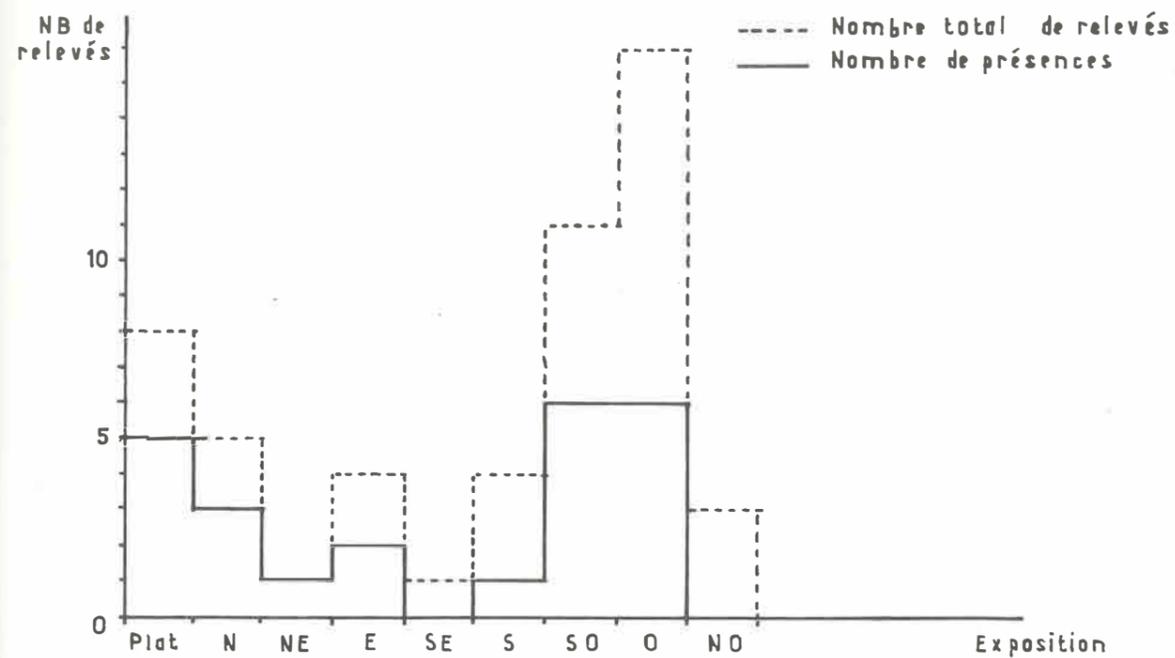
Parmi les autres espèces arbustives, remarquons que l'abondance de Dasyllirion, Agave, Opuntia, diminue quand l'altitude croît.

GRAPHIQUE 13



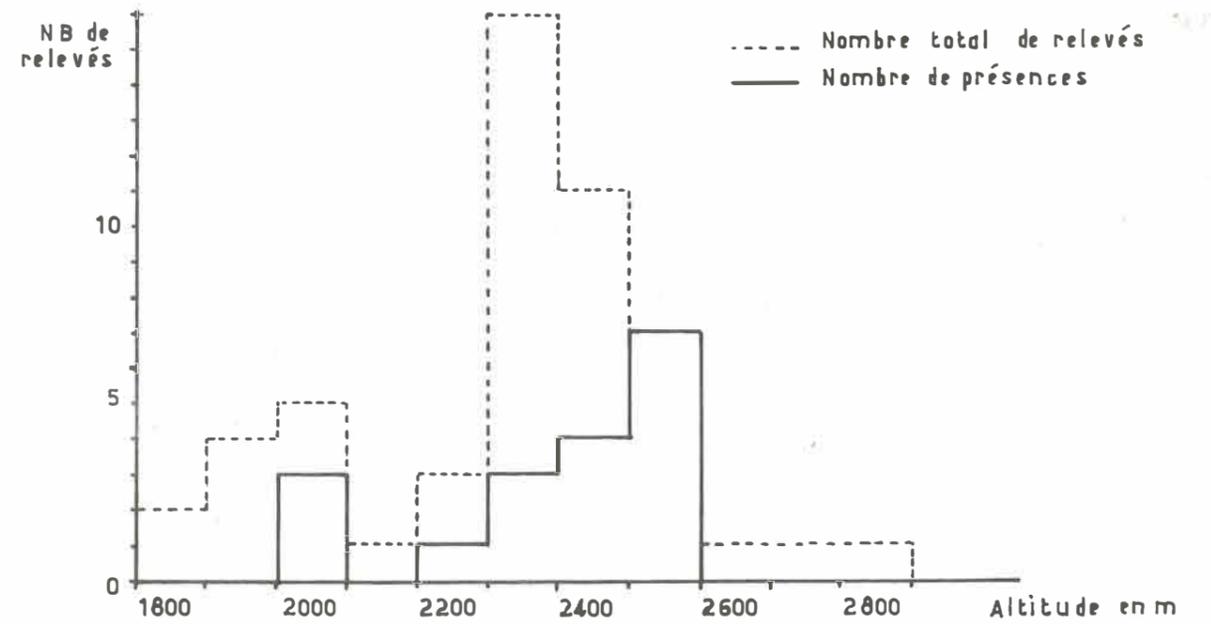
GRAPHIQUE 14

Nombre de présences de Yucca en fonction de l'exposition



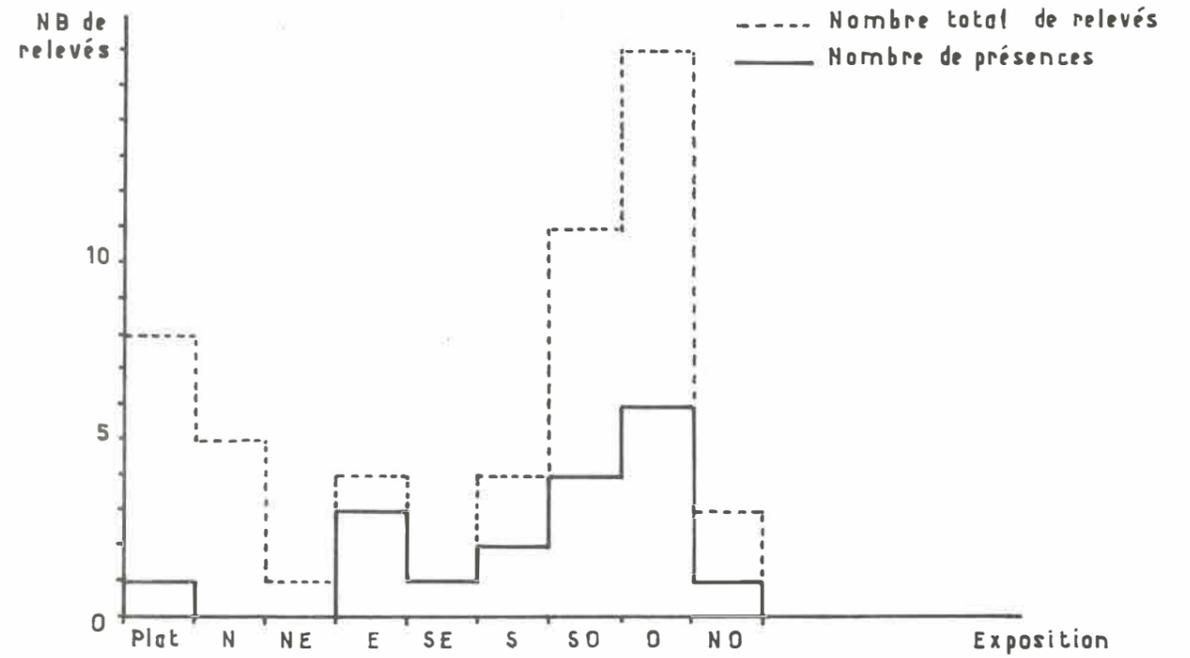
GRAPHIQUE 15

Nombre de présences de Salvia regia en fonction de l'altitude



GRAPHIQUE 16

Nombre de présences de Salvia regia en fonction de l'exposition



En ce qui concerne la strate herbacée, nous indiquons dans le graphique 17 la présence de quelques espèces herbacées dans les forêts de Pinus cembroides du versant ouest de la Sierra. Outre la présence de Salvia axillaris, Salvia microphylla, il faut noter celle de Graminées : Muhlenbergia sp., Bouteloua sp., Piptochaetium fimbriatum et autres Graminées non déterminées. Ces Graminées, peu nombreuses en forêt se développent en grand nombre dans les clairières artificielles à 2 500 m ; en août, le tapis herbacé était continu et dense dans les clairières de la forêt de Pinus cembroides à Quercus potosina et Juniperus flaccida.

Cette brève étude nous conduit à penser que c'est au niveau de la strate herbacée que se répercutent les légères modifications dans la composition du sol, ou les variations microclimatiques.

Les espèces herbacées, si elles ne sont pas détruites par les troupeaux, peuvent mieux que les espèces arbustives ou arborées, échapper à l'action dévastatrice de l'homme ; d'ailleurs, les herbes de la forêt ne le gênent pas, les arbres l'effraient, et il les abat parfois sans motif précis. Les relations de l'homme de la campagne et des arbres de la forêt naturelle sont rarement amicales.

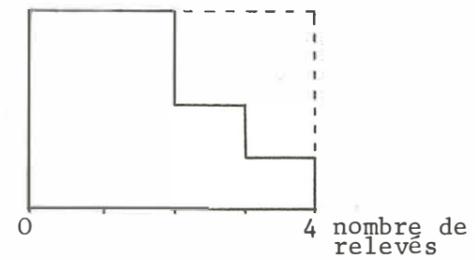
II . 4 - L'influence humaine

II . 4 - 1 . Bref historique

La Sierra de San Miguelito, comme d'ailleurs les Sierras de Zapote, Canoas, Mezquitic et les plaines voisines, appartient à une zone localement appelée "Tunal grande" (du nom du fruit d'Opuntia streptacantha, la tuna). L'occupation humaine du Tunal grande est très ancienne, mais son origine est mal connue. Les vestiges archéologiques sont nombreux : pointes de flèche, hâches en pierre trouvées près de Bledos, restes de four, soubassements de maison ;

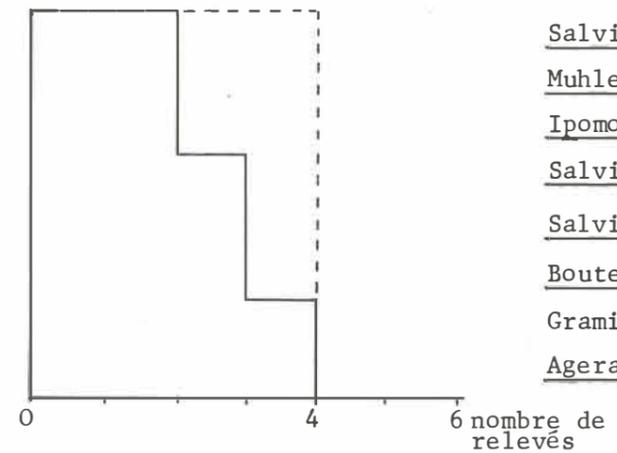
GRAPHIQUE 17

Présence des plantes herbacées à 2.500 m sur le versant W



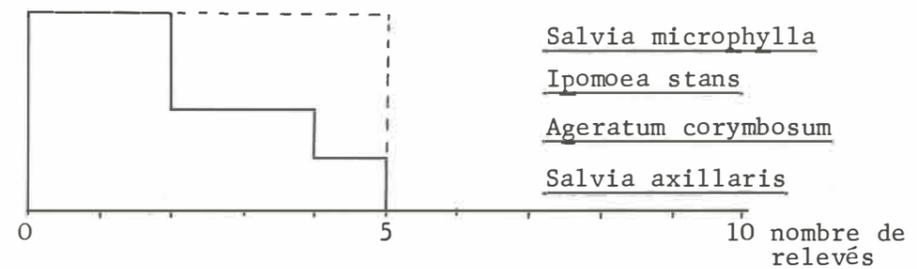
- Graminées
- Ipomoea stans
- Salvia axillaris
- Piptochaetium fimbriatum (Graminées)

Présence des plantes herbacées à 2 400 m



- Salvia microphylla
- Muhlenbergia sp. (Graminées)
- Ipomoea stans
- Salvia sp.
- Salvia axillaria
- Bouteloua sp. (Graminées)
- Graminées 26
- Ageratum corymbosum

Présence des plantes herbacées à 2 300 m



- Salvia microphylla
- Ipomoea stans
- Ageratum corymbosum
- Salvia axillaris

des abris sous roches avec peintures rupestres sont signalés dans la Sierra de San Miguelito. Près de Bledos, on trouve des tessons de poterie dont les peintures sont à rattacher à celles des Aztèques.

L'âge de l'industrie lithique n'est pas connue. Les Aztèques auraient vécu dans cette région y développant la culture du maïs CABRERA (1963) signale que vers l'an 1 200, une sécheresse catastrophique provoqua leur migration. A partir de cette date, le Tunal grande aurait été occupé par diverses tribus nomades dont les Chichimèques, qui ont peut-être utilisé les abris sous-roches. En 1523, les Chichimèques s'opposèrent à l'arrivée des Espagnols qui les exterminèrent au terme d'une guerre cruelle d'une cinquantaine d'années. Les soldats originaires de Tlaxcala que les Espagnols avaient utilisés dans cette guerre s'établirent dans le Tunal grande, apportant avec eux la culture de l'agave. En 1590, attirés par le minerai d'argent, les Espagnols s'installèrent dans la région, construisant des haciendas (maisons fortifiées) dans les vallées et les plaines. Les troncs de Pinus teocote ont fourni les poutres de ces imposantes constructions. Il est probable aussi que pins et chênes de toute espèce ont alimenté en combustible les nombreuses fonderies de métal du Tunal grande.

Au 16ème siècle, la Sierra de San Miguelito était appelée Sierra negra, car elle était couverte de forêts, mais à partir du 17ème siècle, la destruction des forêts s'accéléra.

L'introduction de l'élevage nécessitait des terrains de pâture pris sur les forêts ; les mines et les fonderies consommaient de grandes quantités de bois.

A la fin du 19 ème siècle, un élément nouveau : le chemin de fer a entraîné un déboisement local intense des versants est et sud-est de la Sierra de San Miguelito.

Des forêts entières ont été coupées pour faire des traverses : le replat boisé de la coupe 13 était couvert de chênes (CABRERA). En outre, de nombreux troncs de Pinus cembroides ont été coupés pour faire des poteaux télégraphiques. Ajoutons que l'ancienne route de San Luis Potosi à Mexico passait à Villa de Reyes au pied de la Sierra.

II . 4 - 2 - Epoque actuelle

Depuis le début du siècle, la population a augmenté, la ville de San Luis Potosi s'est étendue au pied de la Sierra, les besoins en charbon de bois et allume-feu (bois de pin) se sont accrus. En 1971, sur le versant est de la Sierra de San Miguelito, des ronds de charbonnier étaient encore observables, bien que les paysans aient toujours nié faire du charbon de bois. Les questions posées à ce sujet provoquaient en eux une méfiance bien compréhensible car la réglementation forestière interdit au particulier de faire du charbon de bois, et les amendes données sont sévères. Cependant, le 23 avril 1970, une meule de charbonnier provoquait un incendie sur le versant est de la Sierra de San Miguelito ; l'incendie a affecté une superficie approximative de 5 ha couverte de Pinus cembroides, Quercus potosina, Dasyllirion, Agave, Arctostaphylos et Graminées (Service forestal de San Luis Potosi). La pression humaine sur la forêt de la Sierra a sans doute été très forte durant la Révolution et après la réforme agraire de 1937. L'observation du tableau 4 fait ressortir l'existence d'un gradient d'influence humaine décroissant du nord vers le sud de la Sierra de San Miguelito, c'est-à-dire en s'éloignant de la ville de San Luis Potosi.

Depuis une vingtaine d'années, le développement de l'industrie pétrolière a entraîné celui de la cuisine au gaz, au moins en ville ceci devrait être suivi peu à peu de l'abandon du charbon de bois, libérant ainsi la forêt d'une de ses contraintes. Enfin, la migration des paysans vers la ville est déjà très amorcée ; les habitants de

Bledos - où pourtant l'agriculture pourrait être florissante - vont travailler à San Luis Potosi ; ils pratiquent peu l'élevage. Il est très clair que des zones de bas de versant ou de piémont sont reprises par Pinus cembroides.

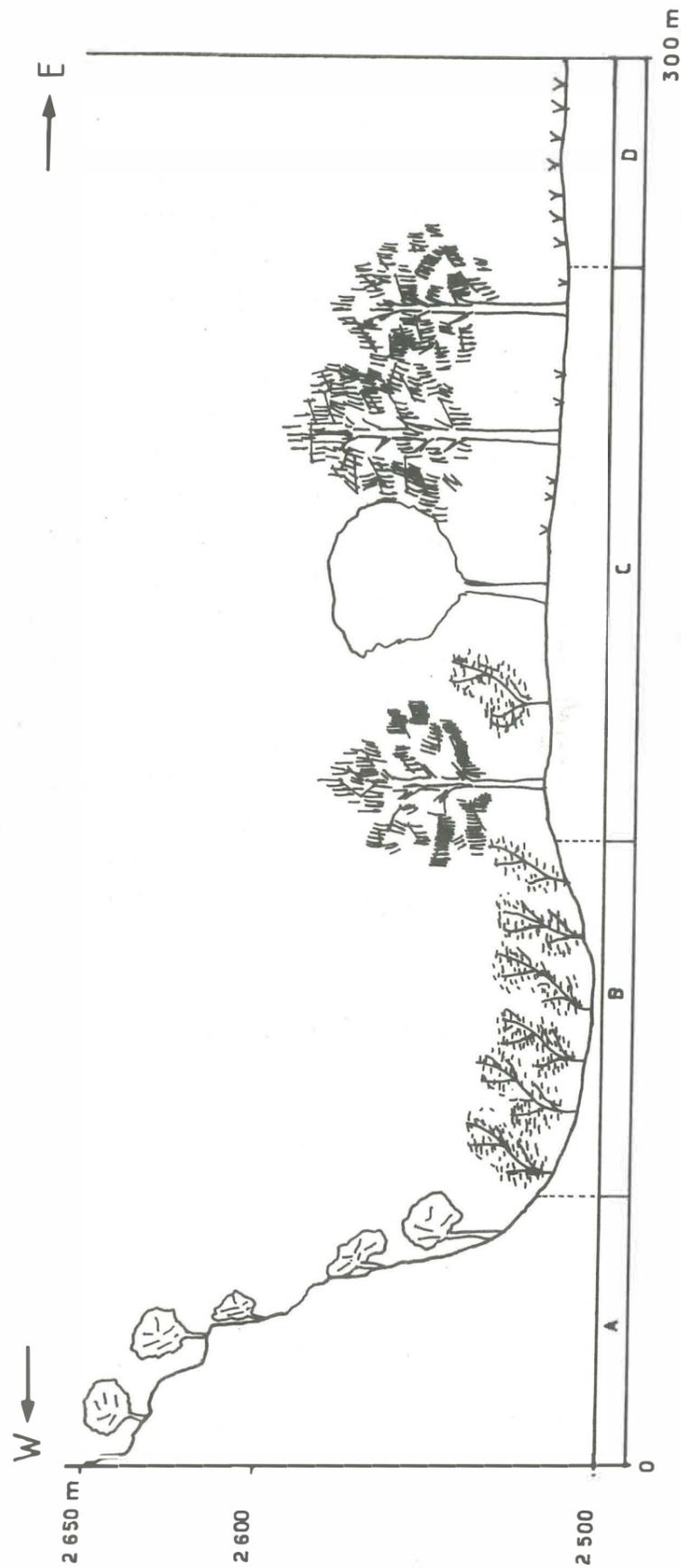
La Sierra de San Miguelito est encore giboyeuse : cerfs, renards, lièvres, chevaux demi-sauvages trouvent de l'eau même en saison sèche, car les sources sont nombreuses. Sur les versants nord-est, nord et nord-ouest, les troupeaux de chèvres sont encore assez nombreux : les incendies de forêts enregistrés tous les ans au printemps (mars à mai) n'ont peut-être pas d'autre but que de favoriser la poussée des Graminées. En saison sèche, les vaches pâturent librement sur le versant ouest.

Sur ce dernier, la récolte des cônes de pin a lieu en octobre les bonnes années (tous les quatre ans environ), mais la récolte des graines (piñones) ne fait pas l'objet, comme dans le Nuevo Leon, d'un grand commerce (annexe 7).

En résumé, il paraît possible de dire que près de San Luis Potosi, la pression humaine est encore forte, mais que dans la vallée de Bledos, au niveau de Calderon et de la plaine de Villa de Reyes, l'homme abandonne les versants et les piémonts de la Sierra.

II . 4 - 3 . L'action du feu

Tous les ans, entre les mois de février et de mai, des feux sont signalés sur les versants nord et est de la Sierra de San Miguelito. Le plus souvent, ils se déclarent entre 2 000 et 2 300 m et affectent des formations ouvertes à Quercus potosina, Pinus cembroides et Dasyllirion. Les comptes rendus d'incendie (Servicio forestal de San Luis Potosi) mentionnent la destruction de jeunes



- A. formation basse de Quercus potosina sur versant rocheux et abrupt
 B. formation dense d'Arctostaphylos pungens occupant l'emplacement d'un ancien contre-feu
 C. forêt de Pinus cembroides et Quercus potosina
 D. clairière au sol couvert de Graminées et d'herbacées

pousses de pins et de chênes, mais les arbres seraient peu affectés par ces feux superficiels.

Parfois, les feux s'étendent sur la totalité du versant oriental et atteignent le versant ouest. Tous les hommes des villages du pied de la Sierra sont alors mobilisés ; ils luttent en allumant un contre-feu dans une bande de forêt préalablement débarrassée des troncs de grosse taille. Nous avons trouvé l'emplacement de nombreux contre-feux sur le versant est, entre 2 400 et 2 500 m ; ils étaient occupés par une formation dense d'Arctostaphylos pungens de 2 à 4 m de haut.

La coupe 15 indique l'emplacement d'un ancien contre-feu sur le versant ouest de la Sierra, vers 2 500 m. Le versant abrupt, à exposition est, est occupé par une formation basse de chênes, le creux par un taillis d'Arctostaphylos dominant, et de Garrya ovata. Ce taillis, large d'une cinquantaine de mètres, atteint le versant est.

Ces coupe-feux semblent donc favoriser la multiplication d'Arctostaphylos, espèce présente dans la forêt de Pinus cembroides ou de Pinus teocote, mais par individus isolés et non en peuplement dense. Ceci semble être confirmé par HORTON et KRAEBEL (1955) qui observent qu'à 1 980 m, dans le Chaparral du sud de Californie à Adenostoma fasciculatum, Arctostaphylos apparaît abondamment après le feu.

Mais, si les contre-feux entraînent d'après nos observations, la multiplication d'Arctostaphylos, par contre, il ne semble pas en être de même pour les feux superficiels qui favorisent peut-être la germination des chênes (cela reste à démontrer). La vitesse avec laquelle les feux se propagent a certainement des effets différents sur la végétation, mais nous n'avons pas d'observation assez précise à ce sujet.

Cependant, il est certain que des zones brûlées chaque année sont couvertes de Graminées ; un replat brûlé il y a 15 ans était occupé par Dodonaea viscosa, mais cette espèce ne semble pas liée au feu. C'est une espèce colonisatrice. En effet, sur le versant nord de la Sierra de San Miguelito, en bordure de la route de San Luis Potosí à Zacatecas, une zone désertée par les troupeaux depuis une dizaine d'années se couvre de Dodonaea viscosa. Mais, c'est une espèce vivace, laissera-t-elle la place à d'autres espèces arbustives plus riches ? Il serait intéressant de suivre l'évolution de la zone signalée pendant quelques années.

II . 4 - 4 . Action de l'homme et des animaux domestiques sur quelques espèces

L'homme ou ses animaux domestiques sont les agents de la multiplication de certaines espèces : Opuntia et Jatropha spathulata par exemple au contraire, l'utilisation du Yucca provoque sa disparition.

Opuntia - Le bétail mord les "raquettes" d'Opuntia, Opuntia streptacantha surtout. Certains morceaux tombent sur le sol, s'enracinent; Opuntia se multiplie, provoquant un changement de végétation. Les hommes, parcourant la campagne, coupent fréquemment des raquettes d'Opuntia avec leur machete et facilitent ainsi, consciemment ou non, la multiplication végétative de cette espèce. Cette action est encore observable dans les clairières, à 2 500 m, mais elle est surtout très nette en bas de versant.

Jatropha spathulata - C'est une plante rhizomateuse, sa tige est élastique et n'a pas de feuilles pendant la période sèche, - c'est-à-dire pendant plus de la moitié de l'année. Dans le Nuevo Leon, Jatropha spathulata se développe sur des

terrasses bien drainées. L'abondance de cette plante, dont les fruits sont toxiques pour le bétail, indique une végétation perturbée, surpâturée par des chèvres et des moutons.

Yucca - Il est donné en pâture aux vaches laitières. Ses fruits sont consommés et utilisés pour faire de l'alcool. La moelle de Yucca sert à faire des selles pour monter les ânes ; enfin, les troncs évidés servent de ruches (Mezquitic). C'est une plante qui semble croître lentement.

Les remarques faites sur Opuntia et Jatropha spathulata montrent que leur abondance indique, dans la Sierra de San Miguelito, une perturbation de la végétation naturelle par l'homme ou ses animaux domestiques. Mais Opuntia sp. caractérise aussi les clairières d'origine anthropique des forêts de Pinus cembroides de l'Etat de Nuevo Leon. C'est pourquoi dans les tableaux 3, 6 et 7 nous avons indiqué Opuntia dans le groupe 4, celui des plantes qui caractérisent une dégradation de la forêt par l'homme.

III . Essai de synthèse : climax et évolution probable de la forêt

de Pinus cembroides de la Sierra de San Miguelito

La Sierra de San Miguelito est, nous l'avons vu, occupée dans ses parties hautes, par une forêt à Pinus teocote et Quercus. Les sommets de la Sierra subissent un climat rigoureux (gel) durant l'hiver (CABRERA) ; parmi les espèces du sommet de la Sierra, certaines appartiennent à la flore boréale : Vaccinium, Prunus, Lupinus, Penstemon et Alchemilla. Elles se trouvent aussi dans l'axe néo-volcanique (route Mexico-Toluca par exemple) au-dessus de 2 500 m.

Sur les versants nord et ouest, entre 2 600 m et 2 350 m d'altitude, se développent des forêts plus ou moins ouvertes à Quercus potosina ou des forêts à Pinus cembroides et Quercus potosina. Sur le versant est, la forêt de Pinus cembroides et Quercus potosina (avec ou sans autres espèces de chênes) se développe en dessous de 2 400 m.

Une question se pose : quelle était la végétation " climax ", c'est-à-dire la végétation en équilibre avec le milieu de la Sierra de San Miguelito ?

L'influence de l'homme a été très forte surtout sur les bas de versants de la Sierra. Au sommet, elle a sans doute diminué la densité de la forêt et favorisé le développement de Muhlenbergia.⁺ Au-dessus de 2 600 m, sur le versant ouest, et de 2 400 m sur le versant est, la forêt "climax" était sans doute floristiquement identique à celle observée actuellement Pinus teocote, Quercus crassifolia, Quercus castanea étant les espèces arborées dominantes. Au-dessous, quel type de forêt occupait les versants de la Sierra ?

⁺ Muhlenbergia est une Graminée dont les tiges dures sont coupées en automne et utilisées pour faire des balais et des brosses.

Deux hypothèses peuvent être formulées

1. La Sierra était couverte par une forêt de Pinus cembroides à Quercus potosina et Quercus pl. sp.
2. Les versants nord et nord-est de la Sierra portaient une forêt de Quercus potosina ; sur les autres versants et le centre de la Sierra se développait une forêt à Pinus cembroides et Quercus potosina, Quercus pl. sp.. Cette deuxième hypothèse est l'image de la réalité actuelle. Mais, en faveur de la première, nous retenons deux arguments : la présence au nord-ouest de la Sierra de San Miguelito, dans un vallon à 2 100 m d'altitude d'un îlot de Pinus cembroides à l'état pur. Le deuxième argument est que la ville de San Luis Potosi, dont les versants nord et nord-est de la Sierra sont très proches, a consommé depuis sa fondation beaucoup de bois (construction, charbon de bois). Du reste, la végétation qui recouvre les versants proches de la ville est très dégradée.

La limite inférieure actuelle de la forêt est artificielle, sa limite climacique devait être plus bas. La forêt mixte de Pinus cembroides et Quercus sp. descendait peut-être sur le piémont et dans la vallée de Villa de Arriaga (au moins au niveau de San Francisco). Au contraire, dans la vallée de Bledos, elle devait entrer comme à Calderon, en contact avec la végétation xérophytique, la zone de pénétration des deux formations végétales était sans doute plus basse que la limite actuelle des Pinus cembroides, mais elle n'est plus observable.

Au niveau de San Francisco, la coupe de la forêt mixte à Pinus cembroides, Quercus potosina, Quercus chihuahuensis aux altitudes inférieures à 2 300 m a laissé la place, soit à une formation à Graminées, soit à un sol nu et érodé lorsque la pente est supérieure à 15 %. Au-dessus de 2 300 m, les arbres coupés ont été surtout les

chênes : Quercus chihuahuensis fournissait un bois apprécié en menuiserie, et Quercus potosina était utilisé pour faire du charbon de bois, mais repoussait de souche. Enfin, le feu a, soit entraîné la formation de taillis d'Arctostaphylos pungens, soit laissé des espaces vides où la strate graminéenne est dense. Ces espaces vides peuvent être colonisés par Dodonaea viscosa.

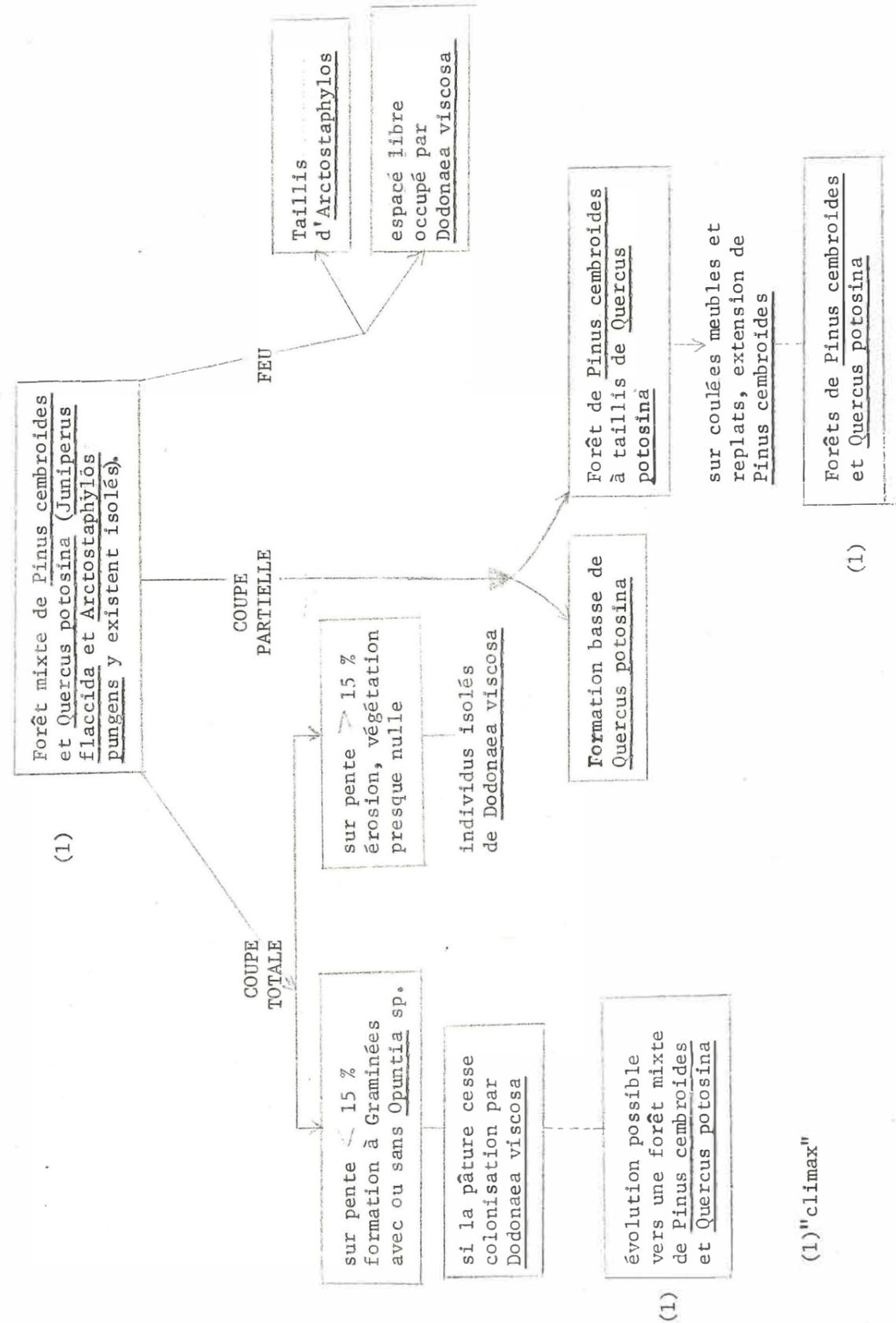
Quelle était la place du genévrier dans la forêt initiale ? Il est très nettement localisé au niveau de Bledos, il y est abondant mais ne forme pas de masses pures ; dans la Sierra de Zapote toute proche, on ne trouve que quelques individus isolés. Sur son utilisation, nous avons eu des avis contradictoires. Est-il comme Quercus chihuahuensis une espèce relictuelle ? Un individu récemment abattu montrait 120 cernes, donc ce groupement est assez vieux.

Les relations entre genévriers, Pinus cembroides et chênes ne sont pas claires. Mais il est probable qu'il y avait, dans la forêt de Pinus cembroides, des individus isolés de Juniperus flaccida ; leur abondance traduirait peut-être une action humaine ancienne.

Quelle est l'évolution probable de la forêt de Pinus cembroides dans la Sierra de San Miguelito ?

Dans les années qui viennent, si l'abandon du charbon de bois comme combustible d'une part, et l'urbanisation d'autre part, se poursuivent, il est possible de prévoir l'extension de la forêt de Pinus cembroides sur tous les terrains à sol meuble, ensoleillés et de faible pente. Cette extension est déjà amorcée, tant sur la Sierra de San Miguelito que sur les piémonts de la Sierra de Zapote près de Bledos. Sur le versant E dans les vallées protégées, la forêt de Pinus cembroides et Quercus pl. sp. tend vers une forêt où l'espèce arborée dominante sera Quercus pl. sp. ; Pinus cembroides devenant la deuxième espèce arborée. Les taillis d'Arctostaphylos n'évolueront que si les feux de printemps deviennent moins fréquents, ce qui est peu probable, car la Sierra est trop proche de la ville.

TABLEAU 8 : CLIMAX ET EVOLUTION DE LA FORET DE PINUS CEMBROIDES DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO



Une concurrence s'exerce entre Pinus cembroides et Quercus potosina, ce sont deux espèces qui supportent de faibles précipitations tombant très irrégulièrement. Mais, Pinus cembroides se développe de préférence sur des sols, peu profonds certes, mais existants. Quercus potosina par contre, semble plus apte à se développer sur des rochers, se satisfaisant de sols lithiques des diaclases.

Le tableau 18 essaie de résumer les points de vue exprimés au sujet de l'évolution de la forêt mixte de Pinus cembroides et Quercus potosina.

CONCLUSION

Nous avons vu que du nord au sud de la région étudiée, la limite altitudinale supérieure des forêts de Pinus cembroides s'élève : 2 400 - 2 500 m au nord du Tropique du Cancer, 2 700 m au sud ; mais cela ne traduit pas un changement dans les exigences écologiques de Pinus cembroides, au moins en ce qui concerne les précipitations et les températures.

Au-delà de cette limite supérieure, les forêts de Pinus cembroides sont remplacées par des forêts de Pinus teocote (ou autres pins), Pseudotsuga menziesii et Quercus. La croissance lente de Pinus cembroides et son besoin de lumière ne lui permettent pas de résister à la concurrence des autres espèces qui se développent grâce à l'augmentation des précipitations.

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 (sauf 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 tempérées 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 c'est une étude détaillée de la strate herbacée qui permettrait de faire apparaître des groupements végétaux à l'intérieur de ces forêts.

Les conditions macroclimatiques (P et T) étant identiques, il semble que les facteurs déterminants de l'écologie des forêts de Pinus cembroides 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. Et si dans la Sierra de San Miguelito, il se développe sur des sols moyennement acides, il s'accommode très bien des sols basiques tels les rendzines lithiques de l'Etat du Nuevo Leon et de la Sierra de Alvarez (échantillon 139-71).

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 pinones sont liées à des hivers très froids.

L'étude faite dans la Sierra de San Miguelito montre que la forêt primitive de Pinus cembroides était très probablement une forêt mixte de pins et de chênes. Cette conclusion semble pouvoir être généralisée à l'ensemble des forêts de Pinus cembroides de la région étudiée; en effet, les seules forêts où le chêne est absent dans le tableau 2 sont celles des environs de Zimapan, où l'influence humaine est très nette. Les observations faites dans la région étudiée montrent que Pinus cembroides et 5 à 6 espèces de chênes (Quercus potosina, ...) sont aptes à vivre ensemble dans

des zones où les précipitations sont irrégulières et de l'ordre de 260 à 600 mm annuels. Il est peu probable que la dominance tantôt du pin, tantôt du chêne dans ces forêts soit due seulement à l'action humaine; des conditions édaphiques interviennent également. Mais, nous n'avons pas pu les mettre clairement en évidence.

Par ailleurs, si Pinus cembroides, Quercus pl. sp., Juniperus flaccida ont la même aptitude apparente à résister aux mêmes conditions hydriques, quel facteur détermine la présence de l'une ou l'autre espèce? Au moins dans le sud de l'Etat de San Luis Potosi, les forêts de Pinus cembroides paraissent en extension; ce pin conquiert des espaces de faible pente abandonnés par l'activité humaine, tandis que le chêne, pourtant à proximité, ne s'y développe pas. Dans l'Etat de Durango, sur des collines au pied de la Sierra Madre Occidentale; nous avons observé des forêts claires de Pinus cembroides est-ce un stade d'expansion de cette espèce à partir d'une forêt de Pinus cembroides et de Quercus sp.? Il serait intéressant de le savoir.

Ce travail n'est que le début de l'étude des formations végétales de transition entre la végétation xérophytique et la forêt "tempérée" de Pinus teocote ... et Quercus. Nous souhaiterions l'étendre à l'Ouest du Mexique où l'aire de Pinus cembroides est la plus importante (carte 2).

Photo 3

Au 1° plan, maïs, vergers de pommiers ; puis, la forêt fermée de Pinus cembroides à Yucca carnerosana ; enfin au-dessus, la forêt de Pseudotsuga menziesii et Quercus
Vallée de San Antonio de las Alazanes (Coah.)

Photo 4

Forêt de Pinus cembroides à Yucca carnerosana ; au 1° plan, clairière à Opuntia imbricata, hauteur des pins 8 à 10 m.
Route Galeana à Pablillo (N.L.)

Photo 5 . La forêt de Pinus cembroides défrichée sur les croupes.
NE de Zimapán.

Photo 6 . Au 1° plan, sur versant de cendres volcaniques, Pinus cembroides, Yucca, Dasyllirion ; dans la vallée Juniperus deppeana au milieu des cultures. San Luis Atexcac (Pue.)

Photo 7. Pinus cembroides isolé couvert de Tillandsia usneoides, Yucca, Dasyllirion, Opuntia et Graminées. San Luis Atexcac (Pue.)

Photo 8. Au premier plan, sur sol très érodé, Pinus cembroides, Agave atrovirens, Opuntia et Schinus molle. Sur le versant nord, un lambeau de forêt de Pinus cembroides.
San Luis de los Pinos (Pue.)

Photo 9 . A 2 200 m, Dasyllirion, Yucca. A droite, les premiers Pinus cembroides isolés. Versant ouest de la Sierra de San Miguelito au niveau de Bledos (S.L.P.)

Photo 10 . La végétation du sommet de la Sierra de San Miguelito : Pinus teocote, Quercus castanea (au 1^o plan) Quercus repanda dépassant à peine des touffes de Muhlenbergia (Graminées).

Photo 11 . Pinus cembroides, Quercus potosina, Dasyllirion
brûlé, stratification irrégulière, larges aires ouvertes
versant est de la Sierra de San Miguelito.

Photo 12 . Transect à la corde sur le versant ouest de la Sierra de San
Miguelito. Au 1° plan au milieu des cailloux, Stevia stenophylla,
Agave atrovirens, Opuntia rastrera ; au loin, Pinus cembroides et
Yucca.

Photo 13 . Sur le versant ouest de la Sierra de San Miguelito, la forêt de
Pinus cembroides à Quercus potosina et Dasyllirion. Sur les
coulées meubles et les replats, forêt de Pinus cembroides
seul. Au fond, la vallée de Bledos et la Sierra de Zapote.

B I B L I O G R A P H I E

- ANONYME 1939 - Geografía económica del estado de México.
1959 - 1969 - Anuario de las producciones forestales de México.
1969 - Seminario y viaje de estudios de coníferas latino-americanas.
Inst. Nac. Invest. Forest. México, Publ. esp. 1.
- AUBREVILLE A., 1962 - Projet d'une classification des principales formations végétales du Mexique dans le cadre d'une classification générale des formations végétales tropicales et subtropicales. Mexico.
- BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953 - Saison sèche et indice xérothermique - Bull. Soc. Hist. nat., Toulouse, 88 193-239.
- BATAILLON C., 1968 Les régions géographiques au Mexique. Institut des Hautes Etudes d'Amérique Latine. Paris, 208 p.
- BEARD J.S., 1944 Climax vegetation in tropical America. Ecol. 25 : 127-158.
- BELTRAN E., 1964 - La batalla forestal. México D.F. 187 p.
- BOURLIERE F., 1946 - Les grands traits de la biogéographie du Mexique - Bull. Soc. Nat. Accl. Prot. Nat. 1946.
- CABALLERO DELOYA M., PRADO ORTIZ A., 1969 Algunas consideraciones sobre el numero de verticilos en dos especies de pino. Bol. Tec. 29, Inst. Nac. Invest. forest., México.
- CABRERA O., 1963 El misterioso Cerro de Silva, San Luis Potosi offset 23 p.
1969 San Luis Potosi S.L.P. 362 p.
- CALDERON de RZEDOWSKI G., 1957 Vegetación del valle de San Luis Potosi. Tesis profesional, Inst. Poli. Nac., E.N.C.B. México 100 p.
- CORZO y MUNIZ R., 1964 -, Cartografía de los principales tipos de vegetación de la mitad septentrional del valle de México - Ann. Esc. nac. Cienc. biol., 13 (2-3) 31-57.
- CRITCHFIELD W.B., E. LITTLE, 1966 - Geographic distribution of the Pines of the world - U.S. department of Agriculture - Miscellaneous Publication 991.

- ENJALBERT H., 1963 Le milieu naturel et le Mexique " utile " Tiers-Monde IV, 15 : 335-359.
- EMBERGER L., 1930 - Sur une formule climatique et ses applications en botanique - La météorologie, 10 p., 1 carte.
1939 - Aperçu général sur la végétation du Maroc. Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc, 157 p.
- ENGLER A., 1964 - (12^e édition). Syllabus der Pflanzenfamilien 2.666p. Berlin.
- FONT QUER P., 1956 - Diccionario de Botánica - 1.244 p., Barcelone.
- GARCIA CASTANEDA F., H. PUIG, R. ALLADE LASTRA, 1969 - Secuencia de suelos y vegetación en el porcio meridional de la Sierra Madre Oriental - IV^o Congrès Soc. Mex. Ciencia del Suelo, Monterrey.
- GARCIA E., 1964 - Modificaciones al sistema de clasificación climática de KÖPPEN (para adaptarlo a las condiciones de la Republica mexicana) - 71 p., 9 graphiques, 1 carte h.t., México 1964.
1971 - Cartas de climas 1/500,000, publicadas por la C.E.T.E.N.A.L. México. (feuilles 14 R-VII, 14 Q-I, 14 R-III)
- GAUSSEN H., 1954 - Théories et classification des climats et micro-climats. In 8^o Congrès international de Botanique, Paris 1954, Sect. 7-8, p. 125-130.
1960 - Les Gymnospermes actuelles et fossiles, fasc. 6^o, (Chap. XI, Genre Pinus) 272 p. Toulouse
- GODRON M. et al., 1968 - Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. C.N.R.S. Paris.
- GODRON M., 1967 - Les groupes écologiques imbriqués " en écailles " Geol. Plant. 2 : 217-226.
- COMEZ POMPA A., 1961 - La vegetación de México - Bol. Soc. Bot. México, 29 : 76-117.
- GONZALEZ QUINTERO L., 1968 - Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo - Paleoecología, 2 : 1-53, 2 cartes h.t.
- HEMSLEY W.B., 1879-1888 - Botany in Biologia Centralamericana vol. 51 à 56. R.H. Porter. London.
- HORTON J.S. et KRAEBEL C.J., 1955 - Development of vegetation after fire in the chamise chaparral of southern California. Ecology, 36 : 244-262.

- KNAPP R., 1965 - Die Vegetation von Nordund Mittelamerika und Inseln. der Hawaiiinseln. 373 p. Stuttgart.
- KÖPPEN N., 1948 - Climatología. Fondo de Cultura economica - México.
- LITTLE E., 1962 - Variación y evolución en los pinos mexicanos - Seminario y viaje de estudio de coníferas latino-americanas, Publ. Esp. Inst. Nac. Invest. forest., 1.
- LOOK E.E.M., 1950 - The pines of Mexico and British Honduras. A report on a reconnaissance of México and British Honduras during 1947.
- MARROQUIN J.S. et al., 1964 - Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México - México, Inst. nac. Invest. forest., 166 p.
- MARROQUIN J.S., 1966 - Notas sobre la distribución geográfica de los especies de Mahonia (Berberidaceae) en el norte de México - The South-western Naturalist 27 (2) : 238-244.
- 1967 - Las gramíneas de la Sierra de la Paila, Coahuila México - Bol. Soc. nuev. Hist. nat. "J.E. Gonzalez" 1 (2) : 59-106, 2 cartes.
- 1968 - Datos botánicos de los cañones orientales de la Sierra de Anahuac, al sur de Monterrey, N.L. - México. Cuads. Inst. Invest. Cien. Univ. N.L. Mex., 14 : 1-80.
- MARTIN S.P., HARRELL B.E., 1957 - The Pleistocene History of temperate biotas in Mexico and Eastern United States - Ecology, 38 (3) : 468-479.
- MARTINEZ M., 1948 - Los pinos mexicanos - Ed. Bota. México.
- 1959 - Plantas útiles de la Flora mexicana - México.
- MIRANDA F., 1952 - La vegetación de Chiapas - Ed. del Gobierno del Estado, 2 vol., Tuxtla Gutierrez, Chis.
- MIRANDA F., 1965 - Formas de vida vegetal y el problema de la delimitación de las zonas áridas de México - Mesas redondas sobre problemas de las Zonas Áridas de México (85-123), Inst. Mex. Rec. nat. Ren. A.C. Mex. D.F.
- MIRANDA y HERNANDEZ X.E., 1963 - Los tipos de vegetación de México y su clasificación - Bol. Soc. Bot. México, 28 : 29-179.
- MIROV N.T., 1967 - The Genus Pinus - The Ronald Press Company, New-York, 602 p.

- MONTOYA MAQUIN J.M., 1966 - Notas fitogeográficas sobre el Quercus oleoides Cham. y Schlecht. - Turrialba, 16 (1) : 57-66.
- MOSIÑO ALEMAN P., 1966 - Factores determinantes del clima en la Republica Mexicana con referencia especial a las zonas áridas. México.
- MULLER C.H., 1937 - Plants as indicators of climate in Northeast México - Amer. Midl. Nat., 18 : 986-1000.
- 1939 - Relations of the vegetation and climatic types in Nuevo Leon, México - Amer. Midl. Nat., 21 (3) : 687-729.
- PRAT H., 1952 - Remarques sur la végétation du Mexique.
- 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).
- RAMOS ALVAREZ C.H., GONZALEZ MEDRANO F., 1969 - Vegetación de la zona árida veracruzana - Communication présentée au IV^o Congrès mexicain de Botanique, Monterrey, (résumé publié par la Soc. Bot.) México.
- 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 Potosí - Act. Cie. Potos., 5 (1-2) : 291 p., 2 cartes h.t.
- 1965 - Relaciones geográficas y orígenes de la flora de México, trabajo presentado en los Coloquios sobre el estado actual de los estudios fitogeográficos de México. Bol. Soc. Bot. México 29 : 121-177.
- SANCHEZ SANCHEZ O., 1969 - La flora del valle de México - México, 519 p.
- SMITH J.R.C. EARLE, 1965 - Agriculture, Tehuacan Valley - Fieldiana Botany, 31 (3)
- SOTO MORA C., JAUREGUI E., 1965 - Isotermas extremas e índice de áridez en la Republica mexicana - U.N.A.M. México, 115 p., 16 cartes h.t.

- STANDLEY P.C., 1920 - Trees and shrubs of Mexico - Contr. U.S. Herb.,
23 (1) : 1-169.
- STARKER LEOPOLD A., 1950 - Vegetation - zones of Mexico - Ecology, 31
(4) : 507-517.
- STRETTA E., MOSINO P.A., 1963 - Distribucion de las zonas aridas de la
Republica mexicana - Revista Ingenieria Hidraulica en
México.
- TRELEASE W., 1924 - The american oaks - Memoirs of the National Academy
of Sciences, 20, 255 p. et planches h.t.
- TREWARTA G.T., 1954 - Introduction to climate 402 p. Mc Graw-Hill,
series in Geography, New-York.
- WEST R.C., 1964 - in Wauchope R. (editor) Handbook of Middle American
Indians, 1 - Austin, Texas. Tome I.
- ZOBEL B., CECH F., 1957 - Pines from Nuevo Leon, Mexico -
Madrono, 14 (4) : 133-144.

Addendum

- BELTRAN E. et al., 1964 - Las zonas aridas del Centro Y Noreste de México
aprovechamiento de sus recursos. Inst. Mex. Rec. Nat.
Ren. México.

A N N E X E 1

Classification des climats selon KÖPPEN modifiée par E. GARCIA, 1971

De cette classification climatique, nous retenons les trois groupes de climats rencontrés dans la zone étudiée :

- A . Climats chauds et humides, la température moyenne annuelle est supérieure à 18° C
- C . Climats tempérés humides, la température moyenne annuelle est comprise entre - 3° C et 18° C ; la température du mois le plus chaud est supérieure à 10° C.
- B . Climats secs ayant une précipitation annuelle P, exprimée en cm, telle que $P < 2 T$ (T, température moyenne exprimée en ° C). KÖPPEN divise le groupe B en 2 sous-groupes :

$$BS \quad P < T + 14$$

$$BW \quad P > T + 14$$

E. GARCIA distingue, à l'intérieur du sous-groupe BS, 2 types :

$$BS_0 \quad \frac{P}{T} < 22,9$$

$$BS_1 \quad \frac{P}{T} > 22,9$$

A l'intérieur de ces types, des lettres minuscules indiquent le régime des pluies, ou les températures extrêmes.

- Régime des pluies

- s pluies en hiver et $P_{\text{hiver}} > 36 \% > P_{\text{annuel}}$
- s(x') pluies en hiver mais $P_{\text{hiver}} < 36 \% P_{\text{annuel}}$
- x' régime des pluies réparti en hiver et au printemps
- w(x') pluie de printemps mais le total des précipitations d'hiver est supérieur à 10,2 % des précipitations annuelles.
- w pluies en été, les précipitations d'hiver représentent entre 5 et 10,2 % des précipitations annuelles.
- w(w) pluies en été et précipitations d'hiver inférieures à 5 % des précipitations annuelles.

- Températures extrêmes

- h' très chaud, température moyenne annuelle $T > 22^{\circ} \text{C}$ et température moyenne du mois le plus froid $t > 18^{\circ} \text{C}$
- (h')h chaud, $T > 22^{\circ} \text{C}$, mais $t < 18^{\circ} \text{C}$
- h'(h) $18^{\circ} \text{C} < T < 22^{\circ} \text{C}$ et $t > 18^{\circ} \text{C}$
- h $18^{\circ} \text{C} < T < 22^{\circ} \text{C}$ et $t > 18^{\circ} \text{C}$
- k $12^{\circ} \text{C} < T < 18^{\circ} \text{C}$ - $3 < t < 18^{\circ} \text{C}$ mais température du mois le plus chaud $> 18^{\circ} \text{C}$.

Groupe C

- C (x') tempéré humide avec précipitations toute l'année, si le maximum des précipitations est hivernal, il n'atteint pas trois fois le total des précipitations du mois le plus sec ; s'il est estival, il n'atteint pas dix fois ce total.
- a indique des étés chauds, la température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 22°C .
- C (w) pluies en été, total des précipitations d'hiver compris entre 5 et 10 % du total des précipitations annuelles ; précipitations du mois le plus sec inférieures à 40 mm.

Groupe A

- (A) C $T > 18^{\circ} \text{C}$ et $t < 18^{\circ} \text{C}$ (t, temp. moy. du mois le plus froid).
- w total des précipitations du mois le plus sec $< 60 \text{ mm}$
- total des pluies d'hiver compris entre 5 et 10 % du total annuel.

Certaines minuscules indiquant l'amplitude thermique annuelle sont utilisées dans les trois groupes :

- i amplitude thermique annuelle 5°C
- (i') amplitude thermique comprise entre 5 et 7°C
- (e) amplitude thermique comprise entre 7 et 14°C
- g mois le plus chaud en été
- g' mois le plus chaud en automne.

A N N E X E 2

CONDITIONS STATIONNELLES DES RELEVÉS 1 à 3

N° des relevés	1	2	3
Date	15. 9. 1970	14. 9. 1970	11. 9. 1970
Localisation	La Escondita (N.L.)	Galeana (N.L.)	Puerto de las Flores (Coah.)
Altitude	1.820 m	1.700 m	2.100 m
Position topographique	bas-versant	bas-versant	mi-versant
Pente	10 %	3 %	5 %
Exposition	N.N.E.	S	N
Strate arborée :			
Hauteur	4 m	4 m	2 - 4 m
Type de forêt	fermée	très ouverte	fermée
Recouvrement	70 %	10 %	60 %
Strate arbustive :			
Recouvrement	30 %	10 %	30 %
Strate herbacée :			
Recouvrement	15 %	5 %	10 %
Epiphytes	+	+	-
Erosion	Très faible	forte	faible
Lithologie	CO ₃ Ca	CO ₃ Ca	CO ₃ Ca
H Cl roche	+	+	+
Utilisation	Bétail	Pâturage	Pâturage
Voisinage	Forêt fermée de Pinus cembroides	Forêt ouverte	Forêt ouverte

A N N E X E 2

CONDITIONS STATIONNELLES DES RELEVÉS 4 à 6

N° des relevés	4	5	6
Date	10. 9. 1970	25. 7. 1971	5. 10. 1971
Localisation	Efigenia (Coah.)	Sierra de Alvarez (S.L.P.)	Sierra de Alvarez (S.L.P.)
Altitude	2 500 m	1 800 - 1 950 m	2.100 m
Position topographique	mi-versant	haut-versant	bas-versant
Pente	30 %	10 %	10 %
Exposition	N	N	S.W.
Strate arborée :			
Hauteur	4 - 6 m	4 m	5 m
Type de forêt	fermée	ouverte	ouverte
Recouvrement	70 %	30 %	60 %
Strate arbustive :			
Recouvrement	50 %	30 %	30 %
Strate herbacée :			
Recouvrement	5 %	10 %	5 %
Epiphytes	+	+	+
Erosion	Nulle	Assez forte	Faible
Lithologie	CO ₃ Ca	Rhyolite	CO ₃ Ca
H Cl roche	pas fait	0	+
Profondeur du sol	40 - 50 cm	5 - 10 cm	30 - 40 cm
Utilisation	-	pâturage	-
Voisinage	maïs, blé, pommier	forêt ouverte	forêt ouverte

A N N E X E 2

CONDITIONS STATIONNELLES DES RELEVÉS 7 à 9

N° des relevés	7	8	9
Date	12. 8. 1971	10. 8. 1969	11. 8. 1969
Localisation	Sierra de Zapote S.I.P.	Zimapan (Hgo)	Zimapan (Hgo)
Altitude	2.150 m	1.880 m	1.900 m
Position topographique	replat	bas-versant	mi-versant
Pente	nulle	20 %	35 %
Exposition	N	E	W
Strate arborée :			
Hauteur	4 m	4 - 5 m	4 - 5 m
Type de forêt	fermée	ouverte	très ouverte
Recouvrement	70 %	20 %	10 %
Strate arbustive :			
Recouvrement	30 %	40 %	10 %
Strate herbacée :			
Recouvrement	10 %	10 %	5 %
Epiphytes	+	+	+
Erosion	nulle	moyenne	forte
Lithologie	rhyolite	roche éruptive	roche éruptive
H Cl roche	0	0	0
Profondeur du sol	5 - 10 cm	10 - 15 cm	5 cm
Utilisation	Charbon de bois	pâturage	pâturage
Voisinage	forêt ouverte	cultures:maïs, haricots	végétation xéro- phile

A N N E X E 2

CONDITIONS STATIONNELLES DES RELEVÉS 10 et 11

N° des relevés	10	11
Date	13. 8. 1970	14. 8. 1970
Localisation	Zimapan (Hgo)	Zimapan (Hgo)
Altitude	2.000 m	1.950 m
Position topographique	mi-versant	mi-versant
Pente	40 %	30 %
Exposition	S.W.	N.E.
Strate arborée :		
Hauteur	5 - 6 m	4 - 5 m
Type de forêt	fermée	fermée
Recouvrement	60 %	60 %
Strate arbustive :		
Recouvrement	35 %	30 %
Strate herbacée :		
Recouvrement	5 %	10 %
Epiphytes	+	+
Erosion	faible	faible
Lithologie	CO ₃ Ca	CO ₃ Ca
H Cl roche	+	+
Profondeur du sol	10- 20 cm	10 cm
Utilisation	pâturage	pâturage
Voisinage	forêt fermée	cultures

CONDITIONS STATIONNELLES DES RELEVÉS 12 et 13

N° des relevés	12	13
Date	21. 8. 1970	11. 10. 1970
Localisation	San Luis Atexcac (Pue.)	San Luis de las Pinos (Pue.)
Altitude	2.400 m	2.100 m
Position topographique	haut versant	mi-versant
Pente	40 %	30 %
Exposition	N	N
Strate arborée :		
Hauteur	4 - 5 m	5 - 6 m
Type de forêt	très ouverte	fermée
Recouvrement	10 %	60 %
Strate arbustive :		
Recouvrement	10 %	40 %
Strate herbacée :		
Recouvrement	5 %	10 %
Epiphytes	+	+
Erosion	forte	faible
Lithologie	cendres volcaniques	métamorphique
H Cl roche	0	0
Profondeur du sol	5 - 10 cm	40 - 50 cm
Utilisation	-	ramassage graines
Voisinage	même formation	défrichements

RELEVÉS FLORISTIQUES

DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

N°	15	16	17
Strates	2.300 m - N.E. bas-versant	2.300 m - S.W. bas-versant	2.300 m - N. bas-versant
VI	Pinus cembroides Quercus potosina Yucca sp.	Pinus cembroides Quercus potosina Yucca sp.	Pinus cembroides Quercus potosina
V			
IV			Quercus potosina
III	Baccharis glutinosa		Eupatorium scorodonioides Eupatorium sp. Stevia lucida
II	Agave filifera Dalea bicolor Dalea sp. Jatropha spathulata Opuntia sp. Stevia serrata	Agave filifera Opuntia	Bouvardia ternifolia Opuntia sp. Perymenium parvifolium Salvia microphylla
I	Allium sp. Aristida sp. Castilleja sp. Cyperus seslerioides Cyperus spectabilis Mammillaria sp. Salvia microphylla	Ferocactus sp. Mammillaria sp.	Ageratum corymbosum Acalypha - Euphorbia dentata Ipomoea Lamourouxia rhinanthifolia Mirabilis longiflora Phaseolus Sisyrinchium Graminée 26 Fougères Salvia microphylla

A N N E X E 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

N°	18	19	20
Strates	2 300 m S bas-versant	1 950 m W piémont	2 250 m S W replat
VI	Yucca sp.	Opuntia streptacantha	Yucca sp. Opuntia streptacantha
V	Pinus cembroides Quercus potosina		
IV			
III	Dalea bicolor Eupatorium scorodonioides	Agave atrovirens	Agave atrovirens
II	Perymenium parvifolium Salvia microphylla Stavia stenophylla	Jatropha spathulata Opuntia imbricata	Asclepias linaria Baccharis sp. Jatropha spathulata Mimosa aculeaticarpa Opuntia imbricata Opuntia sp. Steria stenophylla
I	Ageratum corymbosum Cyperus seslerioides Eragrostis sp. Lamourouxia rhinanthifolia Fougères		Composée 39 Cyperus seslerioides Graminées 26 - 40 Haplopappus venetus Mammillaria sp. Plantago nivea Selaginella sp. Stenocactus sp. Viola sp.

A N N E X E 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	21	22	23
Strates	2.300 m W mi-versant	2.300 m W mi-versant	2.300 m S.W. replat
VI			Yucca sp.
V			
IV			
III	Agave atrovirens		Agave atrovirens Quercus potosina
II	Jatropha spathulata Opuntia sp. Stevia stenophylla	Asclepias linaria Eupatorium sp. Mimosa sp. Stevia serrata	Asclepias linaria Jatropha spathulata Mimosa sp. Opuntia sp. Stevia stenophylla
I	Composée 39 Graminées : 26 - 32 Salvia axillaris	Graminées : 40 Mammillaria sp.	Graminée : 26

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	24	25	26
:Strates:	2 350 m W bas-versant	2 300 m N bas-versant	2.250 m N bas-versant
VI	Pinus cembroides Yucca (brûlés)	Pinus cembroides Yucca sp.	Yucca sp.
V	Quercus potosina		Quercus chihuahuensis Quercus potosina Pinus cembroides
IV		Agave atrovirens Dalea sp. Dasylirion sp. Opuntia sp.	Agave sp. Dalea sp. Dasylirion sp.
III		Acacia sp. Agave sp.	Euphorbia antisyphilitica Eysenhardtia sp.
II	Agave sp. Brickellia thyrsoflora Dalea sp. Mimosa sp. Opuntia sp. Perymenium parvifolium	Calliandra sp. Jatropha spathulata Perymenium parvifolium Pinus cembroides	Bouvardia ternifolia Bursera fagaroides Calliandra sp. Eysenhardtia sp. Jatropha spathulata Mimosa sp. Opuntia sp. Perymenium parvifolium
I		Echeveria sp. Graminées Plantago nivea Salvia axillaris Salvia microphylla Selaginella Sphacele mexicana Tagetes lucida	Ageratum corymbosum Bouteloua curtipendula Bouteloua gracilis Eryngium serratum Graminées Salvia axillaris Salvia microphylla Selaginella Spermacoce Tridax coronopifolia Zinnia peruviana

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	27	28	29
:Strates:	2.200 m N bas-versant	2.400 m S. mi-versant	2.400 m replat
VI	Pinus cembroides Yucca sp.	Pinus cembroides	Pinus cembroides
V	Acacia farnesiana Eysenhardtia sp. Quercus potosina	Quercus potosina Salvia regla	Pinus cembroides Salvia regla
IV	Agave sp. Dasylirion sp.		Quercus potosina
III		Dasylirion sp. Dodonaea viscosa	Dalea bicolor Dasylirion sp.
II		Acacia sp. Croton sp. Perymenium parvifolium	Perymenium parvifolium Stevia stenophylla
I	Graminées Zinnia peruviana	Phaseolus sp. Salvia axillaris Salvia microphylla Setaria geniculata	Ageratum corymbosum Composée : 61 Graminée : 26 Mirabilis longiflora Salvia axillaris Setaria geniculata Sisyrinchium

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	30	31	32
Strates:	2.470 m W haut-versant	2.500 m W. replat	2.500 m W. haut-versant
VI	Pinus cembroides Juniperus flaccida Yucca sp.	Pinus cembroides Juniperus flaccida Quercus potosina	
V	Quercus potosina	Quercus potosina	Arctostaphylos pungens Buddleia cordata Garrya ovata Juniperus flaccida
IV	Arctostaphylos pungens Salvia regla	Garrya ovata Salvia regla	Quercus potosina Salvia regla
III	Opuntia	Dodonaea viscosa Salvia regla	
II	Agave atrovirens Brickellia thyrsoflora Dalea sp. Mimosa aculeaticarpa Perymenium sp.	Acacia Brickellia thyrsoflora Mimosa sp. Perymenium sp. Dalea sp.	Pinus cembroides Brickellia thyrsoflora Mimosa sp. Perymenium sp. Stevia sp.
I	Cyperus seslerioides Eryngium serratum Ipomoea stans Oxalis Piptochaetium brevicalyx Phaseolus Plantago Salvia axillaris Salvia sp. Verbesina Graminées : 26.40.48.	Composée Echeandia Muhlenbergia sp. Oxalis Phaseolus sp. Piptochaetium brevicalyx Plantago nivea Salvia axillaris Salvia Seymeria sp. Stevia serrata	Graminée Piptochaetium brevicalyx Salvia axillaris Stipa sp.

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	33	34	35
Strates:	2.530 m W. haut-versant	2.500 m N.W. creux	2.450 m W. mi-versant
VI	Pinus cembroides Juniperus flaccida Quercus potosina Yucca sp.		Pinus cembroides Quercus potosina
V	Arctostaphylos polifolia	Arbustus glandulosa Arctostaphylos pungens Garrya ovata Quercus potosina	
IV		Salvia regla	Dodonaea viscosa Salvia regla
III			Dasyllirion acrotriche
II	Agave atrovirens Opuntia	Eupatorium calaminthaefolium	Agave filifera Bouvardia ternifolia Dalea sp. Mimosa sp. Perymenium parvifolium Stevia sp.
I	Composée Ipomoea stans Piptochaetium brevicalyx Physalis sp. Verbena		

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	36	37	38
Strates	2.300 m S.W. mi-versant	2.400 m S.W. mi-versant	2.380 m replat - Banco del Castillo
VI			Yucca
V	Pinus cembroides Mortonia sp.	Pinus cembroides	Dodonaea viscosa
IV	Quercus potosina	Dodonaea viscosa Quercus potosina	Dodonaea viscosa
III		Dasyilirion sp	Opuntia sp. Senecio praecox
II	Agave filifera Dasyilirion sp.	Agave filifera Dalea bicolor Dalea sp. Perymenium parvifolium Pinus cembroides	Dalea sp. Quercus potosina
I		Ageratum corymbosum Cyperus seslerioides Euphorbia dentata Milla biflora Setaria geniculata Talinopsis frutescens Fougères	Dahlia sp. Muhlenbergia sp. Salvia microphylla

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	39	40	41
Strates	2.350 m - replat Mesa del Potrero Grande	2.330 m W. Mesa del Coronel	2.450 m W. mi-versant
VI	Pinus cembroides Yucca sp.	Pinus cembroides Yucca sp.	Pinus cembroides Juniperus flaccida
V			Quercus potosina
IV		Pinus cembroides	Salvia regla
III	Agave atrovirens Dalea sp. Opuntia sp.	Agave atrovirens Baccharis potosina	Dalea sp.
II	Jatropha spathulata Pinus cembroides	Agave atrovirens	Acacia constricta Agave filifera Dalea bicolor Dalea sp. Dasyilirion sp. Jatropha spathulata Mimosa sp. Opuntia sp. Perymenium parvifolium
I	Dichondra argentea	Bouteloua sp Cyperus sp. Milla biflora Plantago nivea Salvia axillaris Setaria geniculata Sisyrinchium sp.	Ageratum corymbosum Allium sp. Chenopodium graveolens Dahlia sp. Dichondra argentea Eragrostis sp. Eryngium serratum Graminées Muhlenbergia sp. Salvia sp. Setaria geniculata Stipa sp.

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	42	43	44
Strates:	1.980 m W replat	2.200 m W. replat	2.250 m S.W. bas-versant
VI	Yucca sp.	Yucca sp.	Pinus cembroides Yucca sp.
V	Acacia farnesiana Prosopis juliflora Yucca sp.	Pinus cembroides Eysenhardtia sp. Quercus potosina Rhus pachyrrhachis	Pinus cembroides Buddleia cordata Eysenhardtia sp. Quercus potosina
IV	Agave atrovirens Dasylirion sp. Opuntia	Agave atrovirens Dasylirion sp.	Agave atrovirens Dasylirion sp. Salvia regla
III		Dalea sp. Opuntia sp.	Dalea sp. Dasylirion sp. Dodonaea viscosa
II	Jatropha spathulata	Acacia sp. Jatropha spathulata	Bouvardia ternifolia
			Ipomoea stans Milla biflora

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	45	46	47
Strates:	2.600 m N.W. haut-versant	2.650 m - N.W. haut versant	2.750 m replat
VI	Pinus cembroides Pinus teocote Garrya ovata	Pinus teocote Garrya ovata Quercus crassifolia	Pinus teocote Pinus sp. Arbustus xalapensis
V	Pinus cembroides Amelanchier denticulata Arctostaphylos pungens Quercus potosina	Amelanchier denticulata Arctostaphylos pungens Quercus sp.	Arbutus glandulosa Arbutus xalapensis Quercus castanea Quercus crassifolia
IV		Arctostaphylos polifolia Stevia lucida	Eupatorium calaminthaefolium Quercus coccolobaefolia Quercus sp.
III			Prunus microphylla Rhamnus macrocarpa Rhamnus sp.
II	Brickellia sp. Garrya ovata Nolina sp.	Vaccinium sp	Dalea bicolor Muhlenbergia sp. Pinus teocote Quercus repanda Vaccinium sp.
I	Ageratum corymbosum Seymeria sp.		Alchemilla sp Astragalus sp. Helianthemum glomeratum Lithospermum distichum Lupinus sp. Muhlenbergia sp. Penstemon sp. Senecio sp.

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

Versant oriental

	48	49	50
Strates:	1.950 m - E. - piémont	2.000 m - E. - bas-versant	2.100 m - S.W. - mi-versant
VI	Myrtillocactus geometricans Yucca sp.		Pinus cembroides
V	Garrya ovata	Quercus chihuahuensis Quercus eduardi Quercus potosina	Quercus chihuahuensis Quercus eduardi
IV	Cercocarpus paucidentatus Rhamnus sp.		Garrya ovata Pinus cembroides Rhamnus sp.
III	Acacia sp. Dasyilirion sp.	Amelanchier denticulata Dasyilirion sp. Dodonaea viscosa Fraxinus rufescens Myrtillocactus geometricans Salvia regla	Acacia sp. Arctostaphylos pungens Cercocarpus paucidentatus Dasyilirion sp. Dodonaea viscosa
II	Dalea tuberculata Dodonaea viscosa Lycium sp. Opuntia sp.	Bouvardia ternifolia Bursera fagaroides Desmodium orbiculare Hechtia sp. Opuntia leucotrica	Agave filifera Hechtia Perymenium sp.
I	Bouteloua curtipendula Lycurus phleoides Muhlenbergia sp.	Ipomoea sp. Lennoa madreporoides Milla biflora Setaria sp. Selaginella sp. Vicia sp.	

ANNEXE 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

Versant oriental

	51	52	53
Strates:	2.330 m replat	2.300 m - S. haut-versant	2.000 m - E. bas-versant
VI	Pinus cembroides Yucca sp.	Pinus cembroides Quercus crassifolia Quercus eduardi	Pinus cembroides Yucca sp.
V	Quercus potosina	Quercus eduardi Quercus potosina	Pinus cembroides Arctostaphylos pungens Quercus eduardi Quercus macrophylla Quercus potosina
IV	Arctostaphylos pungens Dodonaea viscosa	Eupatorium calaminthaefolium Eysenhardtia polystachia Salvia regla	Dodonaea viscosa Quercus potosina Salvia regla
III	Agave sp. Dasyilirion sp.	Cercocarpus paucidentatus Eupatorium sp. Gaudichaudia sp. Nolina sp.	Croton sp. Dalea sp. Dasyilirion sp.
II	Baccharis sp. Dalea sp. Jatropha spathulata Opuntia sp.	Asclepias linaria Brickellia veronicaefolia Croton sp. Dalea sp. Desmodium orbiculare Salvia chamaedryoides Stevia stenophylla Tecoma stans	Agave filifera Dodonaea viscosa Seymeria sp.
I		Aster gymnocephalus Bouteloua gracilis Crusea diversifolia Eryngium serratum Gnaphalium sp. Helianthemum glomeratum	Selaginella Trachypogon sp.

A N N E X E 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

Versant oriental

	54	55	56
Strates:	2.350 m - E mi-versant	2.450 m - S.E haut versant	2.500 m - N. haut versant
VI	Pinus cembroides Pinus teocote	Pinus cembroides Arctostaphylos pungens Pinus teocote Quercus macrophylla	Pinus teocote Arbutus glandulosa Quercus macrophylla
V	Quercus potosina	Garrya ovata Quercus potosina	
IV	Salvia regla	Arctostaphylos polifolia Rhus pachyrrhachis Salvia regla	
III		Baccharis potosina Rhamnus macrocarpa Rhamnus sp. Vernonia mucronata	Arbutus glandulosa Rhamnus sp.
II	Seymeria sp.	Agave sp. Dalea sp. Desmodium orbiculare Hechtia sp. Lyonia squamulosa	Brongniartia sp.
I	Ageratum corymbosum Ipomoea sp. Trachypogon sp.	Ageratum corymbosum Calea albida Calochortus barbatus Salvia axillaris Salvia patens Stevia serrata Stevia lucida Ipomoea sp.	Eryngium sp. Graphalium Sabazia

A N N E X E 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	57	58	59
Strates:	1.850 m - S mi-versant	1.900 m - S.W. mi-versant	1.960 m - S.W. mi-versant
VI		Yucca sp.	Pinus cembroides Quercus potosina Yucca sp.
V	Prosopis juliflora Acacia farnesiana Myrtillocactus geometricans	Acacia farnesiana Myrtillocactus geometricans Pinus cembroides	Pinus cembroides Quercus potosina Acacia farnesiana Dodonaea viscosa
IV	Opuntia imbricata Opuntia sp.	Dasyilirion sp. Myrtillocactus geometricans	Bursera fagaroides Dasyilirion sp. Dodonaea viscosa Pinus cembroides Salvia regla
III	Agave atrovirens Dasyilirion sp.	Agave atrovirens Euphorbia sp. Eysenhardtia sp. Opuntia sp.	Agave atrovirens Acacia sp. Pinus cembroides Opuntia sp.
II		Acacia constricta Acacia sp. Baccharis potosina Dodonaea viscosa Eupatorium sp. Jatropha spathulata Perymenium parvifolium Stevia stenophylla	Acacia sp. Agave atrovirens Bursera fagaroides Eupatorium sp. Jatropha spathulata Pinus cembroides Quercus potosina Stevia stenophylla
I		Bouteloua sp. Euphorbia dentata Haplopappus venetus Ipomoea	Ageratum corymbosum Bouteloua sp. Cyperus sp. Salvia microphylla Verbesina sp.

A N N E X E 4

RELEVES FLORISTIQUES
DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO (S.L.P.)

	60		61
Strates	2.250 m S.W. mi-versant		2.300 m S.W. haut-versant
VI	Pinus cembroides Quercus potosina		Pinus cembroides Quercus potosina Yucca sp.
V	Pinus cembroides Quercus potosina		
IV	Salvia regla		Dodonaea viscosa Salvia regla
III	Acacia sp. Agave sp. Opuntia sp.		Agave sp. Opuntia sp.
II	Bouvardia ternifolia Dalea bicolor		Croton sp. Perymenium parvifolium Stevia stenophylla
I	Phaseolus sp.		Ageratum corymbosum Allium sp. Bouteloua sp. Cyperus seslerioides Cyperus spectabilis Eryngium serratum Euphorbia dentata Hibiscus sp. Ipomoea stans Oxalis sp. Plantago nivea Salvia axillaris

A N N E X E 5

TRANSECTS E - O AU NIVEAU DE SAN FRANCISCO

T R A N S E C T I

Ce transect comprend 10 segments de 20 m. Pour chaque espèce les chiffres portés dans les colonnes sont l'abondance numérique de cette espèce. Pour certaines espèces (Sélaginelles, Fougères, Mousses) dont il est difficile de chiffrer l'abondance, nous avons indiqué leur présence par " - ", et si elles sont très abondantes, par " " La phénologie des espèces est indiquée par vég. si la plante est à l'état végétatif, ou fl. si la plante est fleurie.

Strates:	E s p è c e s	2.300 m										Phéno.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
V	: Pinus cembroides										4	10	vég.
	: Quercus potosina						1			1	2	6	veg.
IV	: Pinus cembroides										2		
	: Dasyllirion sp.						1	5			1	2	vég.
III	: Pinus cembroides	1	1	2	1	2	1	2					vég.
	: Agave sp.	3	1		1	1	1	1	1				vég.
	: Dahlia sp.											1	fl.
	: Dodonaea viscosa										1	3	vég.
	: Eupatorium scorodonioides										3	2	fl.
	: Lamourouxia pringlei										1	3	fl.
	: Mirabilis longiflora											1	fl.
	: Yucca sp.		1				3	1			1	1	vég.
II	: Baccharis sp.							1	6		1	3	fl.
	: Dalea bicolor								1				fl.
	: Dalea sp.											1	fr.
	: Ipomoea stans						3	1	2		1	1	fl.
	: Jatropha spathulata		6	4	1	1	4	2	1			1	veg.
	: Mimosa		4	1	4	4	4	4	2				vég.
	: Opuntia streptacantha	4	1	1	1				1		1	1	vég.
	: Penstemon					1							fl.
	: Perymenium parvifolium						3	1	1				fl.
	: Salvia microphylla									3	10	1	fl.
	: Stevia stenophylla	13	9	13	3	11	4	3	1	2	2	2	fl.
	: Stevia serrata									6		2	fl.:

TRANSECT I (suite)

Strates	Espèces	2,300 m					2,500 m					Phénol.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
I	Allium sp.		1	1									fl.
	Bouvardia sp.												
	Bouteloua sp.	5	2	4	2	1	6	4	3	1	1		fl.
	Castilleja sp.												
	Cyperus seslerioides	1	19	4	6	1	2	2					fl.
	Dichondra argentea	5	1	1	2	3	2	2	2				vég.
	Eragrostis sp.	1									1		fl.
	Euphorbia sp.												
	Ferocactus sp.	5	6	10	1								vég.
	Helianthemum sp.	1			18	10	2	2	1				vég.
	Luzula sp.				1				2				vég.
	Mammillaria		3	1		1	1	1	1	1			vég.
	Muhlenbergia sp.						1	2			1		fl.
	Oxalis sp.	3											vég.
	Plantago nivea		5	1	1								fl.
	Selaginella	-	-	-	-	-							vég.
	Setaria geniculata	1	2	3			3	1	1				fl.
	Stenocactus sp.	5	12	2	2	8	2	1	1		3		vég.
	Viola sp.		6	12	4	2	7	3	1	10			fl.
	Composée 61					-	-	-	-				fl.
	Composée 39	2	2			7					1		fl.
	Graminée 26	8	1	4	3	3	4	5	1		1		fl.
	" 32	2					3	4					fl.
	" 33	5			5	3							fl.
	" 38		10										fl.
	" 40		7	5									fl.
	" 46							1					fl.
	" 48							1		1			fl.
	Papilionacée 58										3		fl.
	Fougères	4	1	3			2						vég.
	Mousses	-											vég.

TRANSECT 2

2.280 m

2.360 m

Strates	Espèces	1	2	3	4	Phén.
VI	Pinus cembroides			1	2	cône
V	Pinus cembroides		1	1	1	vég.
	Quercus potosina					vég.
IV	Agave sp.	5		1		
III	Dodonaea viscosa	1	4	10	4	fr.
	Eupatorium		1			vég.
	Yucca sp.		1	1	1	vég.
II	Baccharis		2	1		vég.
	Ipomoea stans	3		1	1	vég.
	Jatropha spathulata	-		1	1	vég.
	Mimosa	1	2			vég.
	Opuntia			1		vég.
	Perymenium parvifolium	1		1	1	fl.
	Stevia stenophylla	20	16	20	4	fl.
	Stevia serrata		2	1	1	fl.
I	Castilleja			1	1	vég.
	Cyperus seslerioides		4	1	1	fl.
	Dichondra argentea		7	1		vég.
	Eragrostis sp.		4	6		fl.
	Euphorbia dentata		5			fl.
	Mammillaria	1	1	3	4	vég.
	Muhlenbergia		1	1		fl.
	Oxalis sp.	1				
	Plantago nivea		1			vég.
	Selaginella	-	-	-		vég.
	Setaria geniculata			1	1	fl.
	Stenocactus sp.	1		1		vég.
	Viola sp.	2				
	Composée 61	6	6	1		fl.
	Graminée 26		3	1		fl.
	" 32	1	1			
	" 40	1		3	1	
	" 53			1		
	Sedum	1		1		fl.
	Tragia sp.		1		1	fl.
	Fougères		-			fl.

Données sur les plantations de Pinus cembroides
en Afrique du Sud et à Mexico

Plantations	Précipitation annuelle moyenne	âge en année	diamètre en cm à 1,50 m	hauteur en m
Pretoria (Groenkloof)	762 mm	40	12,7	4,80
Pan	762 mm	40	12,7	6,40
Belfast	812 mm	36	15,0	8,00
Potchefstroom	609 mm	40	12,7	9,60

Quelques données sur des plantations de Pinus cembroides
dans les High Veld du Transvaal et de l'Orange,
plantations faites vers 1905

d'après E.E.M. LOOCK, B.SC. STELL, 1950

<u>Pinus cembroides</u>	âge (années)	diamètre moyen (cm)	hauteur moyenne (m)	
Mexico	5	3,3	1,84	
	8	4,62	2,93	cône ♀ en mai

Rapport du Pinetum de l'Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, note dactylographiée, août 1970

PRODUCTION DE GRAINES DE PIN (PINONES) dans l'EST DU MEXIQUE

(d'après Anuario de las producciones forestales de México 1959 à
1969) (Secretaria de Agricultura y Ganadería).

Années Lieux	1960	1961	1964	1965	1966	1967
<u>Coahuila</u>						
Arteaga	5 t					
Saltillo		5 t				
<u>Guanajuato</u>						
San Diego de la V.	8 t					
San Felipe	0,5t					
San Jose Iturbide	4 t					
Tierra Blanca	2 t					
Xichu	39 t					
<u>Nuevo Leon</u>						
Aramberri	275t		3 t	170 t		55 t
Galeana	95t			75 t	20 t (sur 14 ha)	
Santiago	1 t					
Dr. Arroyo				50 t		
<u>Queretaro</u>						
El Marquez	8 t					
Peñamiller	15 t					
<u>San Luis Potosi</u>						
Matehuala						
Santa Catarina	6 t					
Sta Maria del Rio	8 t	52 t				
San Luis Potosi		5,5t				
Zaragoza		2 t				

Aucune donnée pour 1962 et 1963.

A N N E X E 8

LISTE ALPHABETIQUE DES PLANTES

(détermination Dr J. RZEDOWSKI, Escuela Nacional de Ciencias Biologicas, I.P.N., Mexico).

Acacia constricta Benth.	(Légumineuses)
- farnesiana (L.) Willd.	(")
- sp.	"
Acalypha sp.	(Euphorbiacées)
Agave atrovirens Karw.	(Agavacées)
- filifera Salm-Dyck	"
- sp.	"
Ageratum corymbosum Zucc.	(Composées)
- tomentosum (Benth.) Hemsl.	"
Alchemilla sp.	(Rosacées)
Allionia incarnata Linn.	(Nyctaginacées)
Allium sp.	(Liliacées)
Amelanchier denticulata (H.B.K.) Koch	(Rosacées)
- sp.	"
Andropogon sp.	(Graminées)
Anthericum nanum Baker	(Liliacées)
Antiphytum heliotropioides A.DC.	(Boraginacées)
Antiphytum sp.	"
Arbutus glandulosa Mart. et Gal.	(Ericacées)
- xalapensis H.B.K.	"
Arceuthobium sp.	(Loranthacées)
Arctostaphylos polifolia H.B.K.	(Ericacées)
- pungens H.B.K.	"
Argemone sp.	(Papavéracées)
Arenaria lycopodioides Willd.	(Caryophyllacées)
Aristida barbata Fourn.	(Graminées)

Aristida curvifolia Fourn.	(Graminées)
- sp.	"
Asclepias linaria Cav.	(Asclepiadacées)
Aster gymmocephalus A. Gray	(Composées)
Astragalus sp.	(Légumineuses)
Baccharis glutinosa Pers. Sgn.	(Composées)
- potosina A. Gray	"
- sp.	"
Berberis trifoliata Moric.	(Berbéracées)
Bidens sp.	(Composées)
Bouchea prismatica Kuntze	(Verbénacées)
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	(Graminées)
- gracilis (H.B.K.) Lag.	"
- hirsuta Lag.	"
- radicata (H.B.K.) Scribn. et Merr.	"
- sp.	"
- triaena (Trin.) Scribn.	"
- uniflora Vasey	"
Bouvardia ternifolia (Cav.) Schl.	(Rubiacées)
Brickellia thyrsoflora A. Gray	(Composées)
- veronicaefolia (H.B.K.) Gray	"
Brongniartia magnibracteata Schl.	(Légumineuses)
- sp.	"
Buddleia cordata H.B.K.	(Loganiacées)
Bursera fagaroides (H.B.K.) Engl.	(Burséracées)
Calea albida A. Gray	(Composées)
- brandegei Greenm.	"
Calliandra sp.	(Légumineuses)
Calochortus barbatus H.B.K.	(Liliacées)
Carex sp.	(Cypéracées)
Cassia lindhermeriana Scheele	(Légumineuses)
- sp.	"
Castilleja sp.	(Scrofulariacées)
Ceanothus buxifolius Willd.	(Rhamnacées)

Ceanothus lanuginosa Rose	(Rhamnacées)
- greggii A. Gray	"
Celtis pallida Torr.	(Ulmacées)
- sp.	"
Cercis canadensis L.	(Légumineuses)
Cercocarpus paucidentatus (Wats.) Britton	(Rosacées)
- sp.	"
Cheilanthes lendigera (Cav.) Sw.	(Ptéridophytes)
- myriophylla Desv.	"
- pyramidalis Fée	"
- tomentosa Link.	"
Chenopodium graveolens Willd.	(Chénopodiacées)
Chrysactinia mexicana A. Gray	(Composées)
Citharexylum rosei Greenm	(Verbénacées)
Coldenia canescens D C.	(Ehretiacees)
- hispidissima A. Gray	"
Condalia sp.	(Rhamnacées)
Conyza sp.	(Composées)
Crotalaria sp.	(Légumineuses)
Croton hypoleuceus Schlecht.	(Euphorbiacées)
- neomexicanus Muell. Arg.	"
- sp.	"
Crusea diversifolia (H.B.K.) Anders.	(Rubiacees)
Cupressus sp.	(Cupressacées)
Cyperus flavus (Vahl) Nees	(Cypéracées)
- seslerioides H.B.K.	"
- spectabilis (Vahl.) Link	"
Dahlia sp.	(Composées)
Dalea bicolor H. et B.	(Légumineuses)
- melantha S. Schav.	"
- sp.	"
- tuberculata Lag.	"
Dasyilirion acrotriche Zucc.	(Agavacées)
- sp.	"

Desmanthus sp.	(Légumineuses)
Desmodium orbiculare Schlecht	"
- sp.	"
Dichondra argentea H.B.K.	(Convolvulacées)
Dodonaea viscosa Jacq.	(Sapindacées)
Drymaria arenarioides Willd.	(Caryophyllacées)
Dyssodia papposa (Vent.) Hitch.	(Composées)
- pentachaeta (Rydberg) Strother	"
- pinnata (Cav.) Rob.	"
- setifolia (Lag.) Rob.	"
Echeandia sp.	(Liliacées)
Echeveria sp.	(Crassulacées)
Eragrostis sp.	(Graminées)
- cilianensis R. Br.	"
Erodium cicutarium (L.) L'Hérit.	(Céraniacées)
Eryngium serratum Hemsl.	(Ombellifères)
Eupatorium calaminthaefolium H.B.K.	(Composées)
- dentata Gardn.	"
- greggii A. Gray	"
- scorodonioides A. Gray	"
- sp.	"
- wrightii A. Gray	"
Euphorbia antisiphilitica Zucc.	(Euphorbiacées)
- dentata Michx.	"
- sp.	"
Evolvulus alsinoides L.	(Convolvulacées)
Eysenhardtia polystachya (Ort.) Sarg.	(Légumineuses)
- sp.	"
Ferocactus sp.	(Cactacées)
Forestiera sp.	(Oléacées)
Fouquieria splendens Engelm.	(Fouquiéracées)
Fraxinus greggii A. Gray	"
- rufescens Lingelsh.	"
Galium sp.	(Rubiacees)
Garrya laurifolia Hartw.	(Garryacées)

Garrya ovata Benth.	(Garryacées)
Gaudichaudia sp.	(Malpighiacées)
Gilia aggregata Spreng.	(Polémoniacées)
Gnaphalium sp.	(Composées)
Gomphrena decumbens Jacq.	(Amaranthacées)
Gonolobus sp.	(Asclepiadacées)
Govenia sp.	(Orchidacées)
Gymnosperma glutinosum Less.	(Composées)
Habenaria sp.	(Orchidacées)
Haplopappus sp.	(Composées)
- venetus (H.B.K.)Blake	"
Hechtia glomerata Zucc.	(Broméliacées)
- sp.	"
Hedeoma sp.	(Labiées)
Hedyotis sp.	(Rubiacées)
Heimia salicifolia H.B.K. Link	(Lythracées)
Helianthemum argenteum Hemsl.	(Cistacées)
- glomeratum (Lag.) Lag.	"
Heteropogon contortus (L.) Beauv.	(Graminées)
Hibiscus sp.	(Malvacées)
Hilaria cenchroides H.B.K.	(Graminées)
Hymenoxis scaposa (DC) Greene	(Composées)
Ipomoea stans Cav.	(Convolvulacées)
- sp.	"
Jatropha spathulata (Orteg.)	(Euphorbiacées)
Juniperus deppeana Steud.	(Cupressacées)
- erythrocarpa Cay.	"
- flaccida Schlecht	"
- monosperma (Engelm.) Sarg.	"
Karwinskia humboldtiana (R. et S.) Zucc.	(Rhamnacées)
Lamourouxia pringlei Rob. et Greenm.	(Scrofulariacées)
- rhinanthifolia H.B.K.	"
Larrea divaricata Cav.	(Zygophyllacées)
- tridentata (DC.)Vail.	"

Lennoa madreporoides Lex.	(Lennoacées)
Leucaena glauca (L.) Benth	(Légumineuses)
Lithospermum distichum Ort.	(Boraginacées)
Loeselia mexicana (Lam.) Brand.	(Polémoniacées)
- scariosa (Mart. et Gal.) Walpersvelaff	"
Lonicera pilosa (H.B.K.) Willd.	(Caprifoliacées)
Lupinus sp.	(Légumineuses)
Luzula sp.	(Joncacées)
Lycium sp.	(Solanacées)
Lycurus phleoides H.B.K.	(Graminées)
Lyonia squamulosa Mart. et Gal.	(Polygonacées)
Macrosiphonia hypoleuca (Benth.)	(Apocynacées)
Malaxis sp.	(Orchidacées)
Mammillaria sp.	(Cactacées)
Marginatocereus sp.	"
Medicago denticulata Willd.	(Légumineuses)
Melampodium sericeum Rob.	(Composées)
Menodora sp.	(Oléacées)
Microchloa kunthii Desv.	(Graminées)
Milla biflora Cav.	(Liliacées)
Mimosa aculeaticarpa Ort.	(Légumineuses)
- biuncifera Benth.	"
- sp.	"
Mirabilis longiflora L.	(Nyctaginacées)
Montanoa tomentosa Cerv.	(Composées)
Mortonia sp.	(Célastracées)
Muhlenbergia glabrata (H.B.K.) Kunth	(Graminées)
- macroura (H.B.K.) Hitchc.	"
- rigida (H.B.K.) Kunth	"
- sp.	"
Myrtillocactus geometricans (Mart.) Console	(Cactacées)
Nissolia platycalyx S. Wats.	(Légumineuses)
Nissolia sp.	"
Nolina sp.	(Agavacées)

<i>Opuntia imbricata</i> (Haworth) DC.	(Cactacées)
<i>leucotrica</i> Wenal.	"
<i>rastrera</i> Weber	"
sp.	"
<i>stenopetala</i> Engelm.	"
<i>streptacantha</i> Lemaire	"
<i>Oxalis</i> sp.	(Oxalidacées)
<i>Parthenium confertum</i> (Gray) Rollins	(Composées)
<i>incanum</i> H.B.K.	"
<i>Pellaea cordata</i> J. Sm.	(Ptéridophytes)
<i>intermedia</i> Mett.	"
<i>ternifolia</i> (Cav.) Link	"
<i>Penstemon isophyllus</i> Rob.	(Scrofulariacées)
sp.	"
<i>Perezia</i> sp.	(Composées)
<i>Perymenium parvifolium</i> A. Gray	"
<i>isophyllus</i>	"
<i>Phaseolus</i> sp.	(Légumineuses)
<i>Phoradendron bolleanum</i> (Seem.) Eichl.	(Loranthacées)
<i>schumanii</i> Trel.	"
<i>Physalis</i> sp.	(Solanacées)
<i>Pinguicula macrophylla</i> H.B.K.	(Lentibulariacées)
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	(Pinacées)
<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	"
<i>Pinus patula</i> Schl. et Scham.	"
<i>teocote</i> Schl. et Scham.	"
sp.	"
<i>Piptochaetium brevicalyx</i> (Fourn.) Ricker	(Graminées)
<i>elasticophyllum</i> Gray	"
<i>fimbriatum</i> (H.B.K.) Hitchc.	"
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	(Composées)
<i>Pithecolobium elasticophyllum</i> A. Gray	(Légumineuses)
sp.	"
<i>Plantago nivea</i> H.B.K.	(Plantaginacées)
<i>Portulaca mundula</i> Johnst.	(Portulacacées)
<i>Prosopis juliflora</i> (Swartz) DC.	(Légumineuses)
<i>Prunus mexicana</i> S. Wats.	(Rosacées)
<i>microphylla</i> (H.B.K.) Hemsl.	"

<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	(Pinacées)
<i>Quercus alpesensis</i> Trel.	(Fagacées)
<i>canbyi</i> Trel.	"
<i>castanea</i> Née	"
<i>chihuahuensis</i> Trel.	"
<i>coccolobaefolia</i> Trel.	"
<i>cordifolia</i> Trel.	"
<i>crassifolia</i> H. et B.	"
<i>eduardi</i> Trel.	"
<i>floculenta</i> C.H. MULL.	"
<i>hartwegii</i> Benth.	"
<i>hypoxantha</i> Trel.	"
<i>intricata</i> Trel.	"
<i>Loeseneri</i> Trel.	"
<i>macrophylla</i> Née	"
<i>microphylla</i> Née	"
<i>potosina</i> Trel.	"
<i>repanda</i> H. et B.	"
sp.	"
<i>Rhamnus betulifolia</i> Greene	(Rhamnacées)
<i>macrocarpa</i> Standl.	"
sp.	"
<i>Rhus pachyrrachis</i> Hemsl.	(Anacardiacees)
- <i>virens</i> Lindh.	"
- sp.	"
<i>Sabazia</i> sp.	(Composées)
<i>Salvia amarissima</i> Ort eg.	(Labiées)
<i>axillaris</i> Moc. et Sessé	"
<i>chamaedryoides</i> Benth.	"
<i>microphylla</i> H.B.K.	"
<i>patens</i> Cav.	"
<i>polystachia</i> Ort. vel aff	"
<i>regla</i> Cav.	"
sp.	"

Salvia thymoides Benth. (Labiées)
Santivalia procumbens Lam. (Composées)
Satureja mexicana (Benth.) Briq. (Labiées)
Schinus molle L. (Anacardiacees)
Sedum sp. (Crassulacées)
Selaginella rupestris Spring. (Ptéridophytes)
 sp. "
Senecio praecox DC. (Composées)
 sp. "
Setaria geniculata (Lam.) Beauv. (Graminées)
Seymeria sp. (Scrofulariacées)
Sida neomexicana A. Gray (Malvacées)
 - *procumbens* Sw. "
Silene laciniata Cav. (Caryophyllacées)
Sisyrinchium sp. (Iridacées)
Sophora secundiflora (Ortega) Lag. (Légumineuses)
Sphacele mexicana Schauer (Labiées)
Spermacoce sp. (Rubiacees)
Stachys coccinaea Jacq. (Labiées)
Stenocactus sp. (Cactacées)
Stevia lucida Lag. (Composées)
 rhombifolia H.B.K. "
 salicifolia Cav. "
 serrata Cav. "
 stenophylla A. Gray "
 viscida H.B.K. "
Stipa sp. (Graminées)
Stillingia sanguinolenta Muell. Arg. (Euphorbiacées)
Tagetes lucida Cav. (Composées)
Talinopsis frutescens A. Gray (Portulacacées)
Talinum sp. (Amaranthacées)
Tecoma stans (L.) H.B.K. (Bignoniacées)
Thelesperma longipes A. Gray (Composées)
Tillandsia recurvata L. (Broméliacées)

Tillandsia usneoides L. (Broméliacées)
 sp. "
Trachypogon sp. (Graminées)
Tradescantia crassifolia Cav. (Commélinacées)
Tragia sp. (Euphorbiacées)
Trichostema purpusii Brandegee (Labiées)
Tridax coronopifolia Hemsl. (Composées)
Turnera diffusa Willd. (Turnéracées)
Vaccinium sp. (Ericacées)
Verbena canescens H.B.K. (Verbénacées)
Verbena sp. "
Verbesina longipes Hemsl. (Composées)
 oreopola Rob. et Greenm. "
 sp. "
Vernonia mucronata Blake "
 obtusa (Gleason) Blake "
Vicia sp. (Légumineuses)
Viguiera greggii (Gray) Blake "
Viola sp. (Violacées)
Yucca carnerosana (Trel.) Mc Kelvey (Agavacées)
 filifera Chabaud "
 sp. "
Zanthoxylum sp. (Rutacées)
Zexmenia sp. (Composées)
Zinnia peruviana (L.) L. "