

FLORA DEL BAJIO Y DE REGIONES ADYACENTES



FASCICULO
COMPLEMENTARIO VIII

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOCACÁN
MEXIQUE

Par Jean-Noël Labat

Instituto de Ecología A.C.
Centro Regional del Bajío
Pátzcuaro, Michoacán, México
en colaboración con



1995

La Flora del Bajío y de regiones adyacentes pretende ser básicamente un inventario de las especies de plantas vasculares que crecen en forma silvestre en los estados de Guanajuato, de Querétaro y en la parte septentrional de Michoacán. En este último quedan incluidas las áreas ubicadas al este del meridiano 102° 10' W y al norte del parteaguas de la cuenca del río Balsas.

La Flora es un esfuerzo cooperativo, crítico, coordinado por el Instituto de Ecología, en el que participan investigadores del mismo, así como de otros organismos nacionales y algunos extranjeros.

La Flora se edita en forma de fascículos sin secuencia preestablecida. Cada fascículo corresponde en principio a una familia. Además, se edita una serie paralela de fascículos complementarios, que dan cabida a temas ligados al universo vegetal del área, pero que no son propiamente contribuciones taxonómicas.

Editores: Jerzy Rzedowski y Graciela Calderón de Rzedowski

Producción Editorial: Rosa Ma. Murillo

Toda correspondencia referente a la adquisición de fascículos o canje debe dirigirse a:

Instituto de Ecología, A. C.
Centro Regional del Bajío
Apdo. postal 386
61600 Pátzcuaro, Michoacán

Este fascículo se publica gracias al apoyo económico recibido de:

- el Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
- el Centre Français d'Études Mexicaines et Centraméricaines
- el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
- la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
- la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- el Sr. Walter L. Meagher

ISSN 0188-5170

FLORA DEL BAJÍO Y DE REGIONES ADYACENTES

El contenido de este fascículo complementario de la *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* está formado por el texto de la tesis doctoral de Jean-Noël Labat, para la cual dedicó cinco años de estudios de campo y de gabinete y que finalmente fue presentada ante la Universidad de París VI.

El trabajo constituye una contribución de mayor trascendencia al conocimiento de los recursos vegetales del estado de Michoacán, en el que destacan los conceptos novedosos que se vierten respecto a la dinámica de la vegetación y a las relaciones de esta última con el suelo y con el clima.

La elaboración de la tesis del doctor Labat terminó en 1988 y con el propósito fundamental de no retrasar ni de complicar más la publicación de esta importante obra, tanto el Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), el Centre Français d'Études Mexicaines et Centraméricaines (CEMCA) como el Instituto de Ecología han estado de acuerdo en que es conveniente darla a conocer cuanto antes en su versión original en francés.

No quedará inadvertido el hecho de que en muchos detalles el texto impreso se aparta de las normas y de las rutinas editoriales que han regido hasta ahora para la serie de nuestros fascículos complementarios. Creemos, sin embargo, que tal circunstancia no ha hecho desmerecer la calidad de la presentación del trabajo y aprovechamos estas líneas para reconocer y agradecer todo el esfuerzo realizado en este sentido por el CEMCA.

LOS EDITORES

FLORA DEL BAJÍO Y DE REGIONES ADYACENTES

Fascículo complementario VIII

septiembre de 1995

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOACÁN MEXIQUE

Par Jean-Noël Labat*
Centre Français d'Etudes Mexicaines
et Centraméricaines (CEMCA)
Apartado postal 41-879
11000 México, D. F.

* Adresse actuelle: Laboratoire de Phanérogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 16, rue de Buffon, 75005 Paris. France

FASCÍCULO VIII
COMPLEMENTARIO

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOACÁN
MEXIQUE

Par Jean-Noël Labat

Première édition: 1995

© Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM)
Calle Cicerón 609. Col. Los Morales
11530 México D.F.

© Instituto de Ecología A.C.
Km 2.5 Carretera Antigua Xalapa-Coatepec
91000 Xalapa, Veracruz

© Centre Français d'Études Mexicaines et Centraméricaines (CEMCA)
Sierra Leona 330. Col. Lomas de Chapultepec
11000 México D.F.
Ministère des Affaires Étrangères, Paris, France

Tous Droits
de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays.

Imprimé au Mexique

ISSN 0188-5170

À Nathalie, Martin, Maxime et Antonin

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	15
RESUMEN	17
RÉSUMÉ	23
GÉNÉRALITÉS ET MÉTHODOLOGIE	27
1. Choix et délimitation de la zone d'étude	27
2. Terminologie et nomenclature	28
3. Méthodologie	29
3.1. Echantillonnage	29
3.2. Les relevés	30
3.2.1. Les relevés structuraux	30
3.2.2. Les relevés floristiques	30
3.3. Les plantes	31
3.4. Traitement des données	31
3.4.1. Les paramètres structuraux classiques	31
3.4.2. Les indices synthétiques	33
3.4.3. Les structures totales et par taxon	33
3.5. Cartographie	34
PREMIÈRE PARTIE: LE MILIEU NATUREL	35
I. RELIEF ET GÉOLOGIE	37
1. Orographie	37
1.1. La Sierra Tarasque	37
1.2. La dépression du Lerma	41
2. Hydrographie	41
3. Géologie	43
3.1. Tectonique	43
3.2. Types de structures volcaniques et chronologie relative	44
3.3. Stratigraphie	45
II. ÉDAPHOLOGIE	47
1. Sols peu évolués et à profil peu différencié	49
1.1. Sols peu évolués: lithosols	49
1.2. Sols à profil peu différencié: andosols	49
2. Sols à maturation humique	49

2.1. Sols isohumiques	50
2.2. Vertisols et sols vertiques	50
3. Sols hydromorphes: tourbes eutrophes	50
4. Sols riches en sesquioxides	51
4.1. Sols fersiallitiques	51
4.1.1. Sols bruns eutrophes tropicaux	51
4.1.2. Sols rouges fersiallitiques tropicaux	51
4.2. Sols ferrugineux	52
III. BIOCLIMATOLOGIE	53
1. Les facteurs du climat	53
1.1. La latitude	53
1.2. L'orographie	54
1.3. La juxtaposition terre-océan	54
1.4. La dynamique de l'air	54
2. Documents et sources utilisés	55
3. Les paramètres thermiques	57
3.1. Les gradients thermiques altitudinaux	57
3.2. Les variations géographiques	58
3.3. Les variations annuelles	58
3.4. Les variations journalières	59
4. La pluviométrie	61
4.1. Pluviométrie moyenne annuelle	61
4.2. Répartition des précipitations au cours de l'année	61
5. La saison sèche	61
6. Les bioclimats	62
6.1. Méthode et définitions	62
6.1.1. Définitions	62
6.1.2. Les critères de la classification	63
6.1.3. Dénominations et classes utilisées	63
6.2. Les bioclimats du Nord-Ouest du Michoacán	65
IV. INFLUENCE DE L'HOMME	67
1. Histoire des populations humaines	67
1.1. Les premiers peuplements	67
1.2. Les Tarasques	68
2. Activités humaines récentes	70
2.1. La Sierra Tarasque	70
2.1.1. L'artisanat	70
2.1.2. L'extraction de résine	71
2.1.3. L'exploitation du bois	73
2.1.4. L'agriculture et l'élevage	74
2.2. La dépression du Lerma	75

2.2.1. L'agriculture irriguée	75
2.2.2. L'agriculture de <i>temporal</i>	76
2.2.3. L'élevage	76
V. LA FLORE	79
1. Histoire du peuplement végétal	80
2. Relations et affinités floristiques	81
2.1. Généralités concernant la composition taxonomique: les familles	81
2.2. Niveaux générique et spécifique	85
2.2.1. Flore cosmopolite	85
2.2.2. Flore américaine	88
2.2.3. Flore tropicale	89
2.2.4. Flore tempérée	105
2.2.5. L'endémisme des régions arides	114
DEUXIÈME PARTIE: LES FORMATIONS ET LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX	117
I. LA FORÊT DE SAPINS	119
1. Généralités	119
2. Le biotope	119
2.1. Pédologie	120
2.2. Bioclimatologie	120
3. Physionomie	121
4. Floristique	122
4.1. Composition floristique	122
4.2. Affinités floristiques	123
5. Structure	123
5.1. Les paramètres structuraux	125
5.2. Structure par classe de diamètre	129
5.2.1. Structure totale	129
5.2.2. Structure par espèces	129
6. Régénération	131
7. Conclusion	131
II. LES FORÊTS DE PINS	133
1. Généralités	133
2. La forêt mésophile de pins	135
2.1. Le biotope	135
2.1.1. Pédologie	135
2.1.2. Bioclimatologie	136
2.2. Physionomie	139

2.3. Floristique	140
2.3.1. Composition floristique	140
2.3.2. Affinités floristiques	145
2.4. Structures	146
2.4.1. Les paramètres structuraux	149
2.4.2. Structure par classe de diamètre	153
2.5. Régénération	159
3. La forêt thermophile de pins	164
3.1. Le biotope	164
3.1.1. Pédologie	164
3.1.2. Bioclimatologie	164
3.2. Physionomie	169
3.3. Floristique	171
3.3.1. Composition floristique	171
3.3.2. Affinités floristiques	173
3.4. Structure	177
3.4.1. Les paramètres structuraux	177
3.4.2. Structure par classe de diamètre	179
3.5. Régénération	181
4. Conclusion	182
III. LA FORÊT MÉSOPHILE DE MONTAGNE	185
1. Généralités	185
2. Le biotope	186
3. Physionomie	187
4. Floristique	190
4.1. Composition floristique	190
4.1.1. La forêt mésophile de montagne de haute altitude	190
4.1.2. La forêt mésophile de montagne de basse altitude	192
4.2. Affinités floristiques	193
5. Structures	195
5.1. Les paramètres structuraux	196
5.2. Structure par classe de diamètre	199
5.2.1. Structure totale	199
5.2.2. Structure par espèces	199
6. Régénération	201
7. Conclusion	203
IV. LA FORÊT DE CHÊNES	205
1. Généralités	205
2. Le biotope	207
2.1. Pédologie	207
2.1.1. Andosols	208

2.1.2. Sols isohumiques brunifiés tropicaux	208
2.1.3. Sols rouges fersiallitiques tropicaux	209
2.2. Bioclimatologie	209
2.2.1. Les températures	209
2.2.2. La pluviométrie et la saison sèche	211
2.2.3. Année probable	213
3. Physionomie	213
4. Floristique	215
4.1. Composition floristique	215
4.2. Affinités floristiques	219
5. Structure	223
5.1. Les paramètres structuraux	223
5.2. Structure par classe de diamètre	229
5.2.1. Structure totale	229
5.2.2. Structure par espèces	233
6. Régénération	237
7. Conclusion	239
V. LA FORÊT TROPICALE CADUCIFOLIÉE	243
1. Généralités	243
2. Le biotope	245
2.1. Pédologie	247
2.1.1. Sols rouges fersiallitiques tropicaux vertiques	247
2.1.2. Sols bruns eutrophes tropicaux vertiques	247
2.1.3. Vertisols	249
2.2. Bioclimatologie	249
2.2.1. Les températures	249
2.2.2. La pluviométrie et la saison sèche	251
2.2.3. Année probable	253
3. Physionomie	255
3.1. Les forêts	255
3.2. Les fourrés	255
4. Floristique	259
4.1. Composition floristique	259
4.1.1. Les forêts	259
4.1.2. Prairies et fourrés	262
4.2. Affinités floristiques	269
5. Structure	271
5.1. Les paramètres structuraux	272
5.1.1. Les forêts	272
5.1.2. Les fourrés	275
5.2. Structure par classe de diamètre	277
5.2.1. Structure totale	277

5.2.2. Structure par espèces	279
6. Régénération	281
7. Conclusion	282
 VI. AUTRES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX	 285
1. Végétation des coulées de lave récentes	285
1.1. Généralités	285
1.2. Floristique	288
1.2.1. Composition floristique	288
1.2.2. Affinités floristiques	291
1.3. Dynamique et succession	293
2. La végétation aquatique et subaquatique	294
3. La végétation rudérale	297
4. La forêt épineuse (mezquital)	301
 CONCLUSION: RELATIONS ENTRE LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX	 303
1. Synthèse écologique	303
2. Relations floristiques	309
3. Affinités floristiques	313
4. Relations structurales	315
 ANNEXE: LISTE FLORISTIQUE DES ESPÈCES DU NORD-OUEST DU MICHOACÁN ORDON- NÉES PAR FAMILLES	 321
BIBLIOGRAPHIE	355
LISTE DES FIGURES	365
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	369
LISTE DES TABLEAUX	373
INDEX ALPHABÉTIQUE DES NOMS DES PLANTES	375

REMERCIEMENTS

Mes plus sincères remerciements vont bien sûr à M. Henri Puig qui m'a fait découvrir la botanique tropicale dès ma licence à l'Université Paul Sabatier. Comme professeur responsable du Laboratoire de Botanique Tropicale de l'Université Pierre-et-Marie-Curie (Paris VI), c'est lui qui dirige mes recherches depuis 1982. Ainsi, je lui dois une grande part de ma formation de botaniste et de tropicaliste puisqu'il a su aussi me faire profiter de son expérience des pays tropicaux et surtout du Mexique. Il a droit à ma très grande reconnaissance, mais aussi à ma sincère amitié pour m'avoir prodigué ses conseils avec sa bienveillance et sa gentillesse habituelles. C'est grâce à son intervention que j'ai pu effectuer de nombreux et longs séjours au Mexique; sa présence à mes côtés lors de mes premières sorties sur le terrain a été pour moi des plus formatrices et m'a permis de commencer mon travail au Mexique sur des bases saines et solides.

Je suis particulièrement reconnaissant à MM. Claude Bataillon, Dominique Michelet et Jean Meyer, directeurs successifs du CEMCA, qui m'ont permis de travailler dans ce centre de recherche français au Mexique de 1983 à 1988. Toute ma gratitude va à M. Claude Bataillon ainsi qu'à M. Philippe Guillemin, alors sous-directeur des Sciences Sociales et Humaines au Ministère des Affaires Étrangères, pour m'avoir témoigné leur confiance en me faisant venir pour la première fois au CEMCA. La réalisation des recherches qui m'ont permis d'élaborer cet ouvrage doit beaucoup à Dominique Michelet, qui assurait la direction du centre avec une efficacité, un intérêt pour toutes les disciplines et surtout une amitié auxquels j'ai été très sensible. Enfin, je tiens à remercier J. Rzedowski, de l'Institut d'Écologie, Henri Poupon de l'ORSTOM, ainsi que Thomas Calvo, qui ont accepté de publier ce travail, lui assurant ainsi une large diffusion, en particulier au Mexique.

Le financement des missions sur le terrain a été assuré par le CNRS (plus précisément sur les crédits de la Recherche Coopérative sur Programme 633 RCP 633) dans un premier temps, et par une ligne budgétaire "Écologie" attribuée au CEMCA par le Ministère des Affaires Étrangères, pour la suite.

L'herbier du CEMCA, constitué par les collectes réalisées, dans le cadre de l'étude phytogéographique de la Huastèque, par MM. Henri Puig, Guy Stresser-Péan et Étienne Turra, m'a été fort utile: je les remercie d'avoir laissé leurs échantillons au CEMCA, je n'oublie pas ceux qui ont veillé à ce que cet herbier de référence soit conservé et entretenu, même en l'absence de botaniste en poste.

Durant mes séjours au CEMCA, j'ai bénéficié d'une remarquable documentation et des divers moyens techniques dont ce centre a su se doter. L'aide désintéressée de tous les collaborateurs de cette institution m'a été des plus précieuses: cet environnement pluridisciplinaire est enrichissant car il motive en permanence une ouverture d'esprit

qui permet une meilleure compréhension de la complexité du Mexique et une plus grande capacité de réflexion et de synthèse. Bien que je ne puisse tous les nommer ici, je leur adresse mes vifs remerciements et l'expression de ma réelle amitié.

Je voudrais exprimer ma gratitude aux membres du jury de ma thèse, qui ont accepté de lire et de juger ce travail: M. Antoine Cornet, membre de l'ORSTOM, M. Pierre Legris, directeur de l'Institut de la Carte Internationale de la Végétation, Mme Marie-Françoise Passini, membre du Laboratoire de Botanique Tropicale, M. Henri Puig, M. Rzedowski, directeur du Centro Regional del Bajío de l'Instituto de Ecología, et M. Raymond Schnell, professeur au Laboratoire de Botanique Tropicale.

J'associe avec un grand plaisir mes amis et confrères mexicains à ces remerciements, sans pouvoir tous les citer ici: qu'ils sachent cependant que je leur sais gré et que ce travail leur doit beaucoup. J'ai en effet collaboré avec les organismes de recherche mexicains suivants:

- au Michoacán, le Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO) qui est un centre régional de l'Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) à Uruapan, la Unidad Regional de Uruapan de Culturas Populares, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) à Morelia et, depuis sa création en 1986, le Centro Regional del Bajío de l'Instituto de Ecología à Pátzcuaro;
- à Mexico, l'Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) de l'Instituto Politécnico Nacional et l'Instituto de Ecología.

C'est, pour terminer, une grande satisfaction pour moi que de remercier tous ceux qui ont préparé et assuré l'édition de ce manuscrit: Josefina Anaya, Concepción Asuar, Rodolfo Ávila, Françoise Bagot, Martine Dautier, Michel Fromaget, Joëlle Gaillac, Victor Lagarde et Jacqueline Michelet.

RESUMEN

El Noroeste de Michoacán presenta un gran interés fitogeográfico y ecológico por la gran variedad de tipos de vegetación que ahí se encuentran y por sus relaciones con acentuados gradientes ambientales. Además del análisis de las estructuras espaciales y florísticas, este estudio intenta poner en claro el determinismo ecológico, esencialmente edafo-climático, de los siete grandes tipos de vegetación que se reconocen.

Los aspectos puramente descriptivos del manto vegetal, de la flora y de su medio se complementan con estudios más amplios sobre los temas siguientes:

- Relación entre el hombre y las plantas, tanto en el presente como en el pasado.
- Interpretación de la distribución de la vegetación y de la flora en función de los factores del medio, actuales e históricos.
- Definición de las tendencias y de las relaciones dinámicas de las diferentes fitocenosis.

Precedida por una introducción que expone los aspectos generales y la metodología utilizada para el estudio de la vegetación, la Primera Parte se enfoca hacia la descripción de la zona, al estudio de los principales factores del medio y al análisis de la flora de la región.

El Noroeste de Michoacán se localiza en la parte noroccidental del eje neovolcánico transmexicano y en el extremo sur de la Altiplanicie central de México. El área de estudio incluye del lado sur a la Sierra Tarasca, constituida por numerosos volcanes de 2 000 a 3 400 m de altitud, y por el norte a la depresión del Lerma, conformada por amplios valles ubicados entre 1 500 y 2 000 m y dominados por algunos conos volcánicos. Esta marcada orografía, aunada a la naturaleza volcánica de los sustratos geológicos, son los factores determinantes del escalonamiento de bioclimas y de la diversidad de suelos.

El método de Bagnouls y Gaussen que se utiliza para definir y clasificar el clima es aún poco usado en México. Los bioclimas son de tipo tropical con el máximo de precipitaciones en la época de días largos. La estación seca, importante en lugares de baja y mediana elevación (6 a 7 meses), disminuye en duración con la altitud, llegando a reducirse a menos de 3 meses por encima de los 2 500 m. Las precipitaciones, poco abundantes (entre 700 y 1 000 mm anuales) en las zonas más bajas, pueden alcanzar los 1 600 mm por año en las comarcas de altitud superior. El gradiente térmico medio, igual o mayor que 0.7°C/100 m, cualquiera que sea la estación, es relativamente alto para una región tropical. La temperatura media del mes más frío (enero) va desde 17°C en las partes más bajas hasta menos de 10°C a más de 2 500 m de altitud.

La notable disminución de la temperatura, combinada con el aumento de la precipitación y con menor sequía, crea a mayor altitud condiciones bioclimáticas favorables a la existencia de formaciones boscosas siempre verdes y húmedas, así como al desarrollo de andosoles. Los sustratos de rocas ígneas y de cenizas volcánicas, sometidos a los diferentes climas del gradiente altitudinal, generan una variedad de suelos, comprendiendo desde los andosoles de altura hasta los vertisoles y los suelos rojos fersialíticos tropicales de las partes más bajas, donde el clima es distinto y la vegetación caducifolia.

El impacto de las actividades humanas sobre la vegetación es importante y se remonta en la región a los tiempos de la presencia del gran imperio tarasco en la época precortesiana. Además de la agricultura, se detectan tres tipos de explotación de recursos: uso de la madera para construcción en los bosques de coníferas, la confección de artesanías, muy desarrollada desde el siglo XVI, y la resinación de los pinos. A estas causas de degradación se suma la explotación ilícita del bosque para leña, en aumento constante a causa del crecimiento demográfico, además de la trascendencia que tiene el pastoreo en el bosque y de su corolario que consiste en los incendios durante la época de seca.

Se presenta un análisis detallado de las afinidades geográficas de la flora de la zona de estudio. La riqueza florística está formada por 969 especies y 446 géneros que se agrupan en 42 elementos, definidos de acuerdo con su área de distribución geográfica. Cada tipo de vegetación e inclusive sus diferentes estratos se someten a un minucioso examen del mismo tipo.

En la Segunda Parte se dan a conocer la definición, la caracterización ecológica, la descripción y la discusión de las comunidades vegetales del Noroeste de Michoacán. Las siete agrupaciones principales, reunidas en cinco formaciones, se estudiaron de acuerdo con el siguiente esquema:

- Generalidades, con consideraciones sobre antecedentes bibliográficos y sobre la posición de la comunidad vegetal estudiada dentro del marco de la vegetación de México.
- Biotopo, principalmente suelo y clima. La descripción y los análisis de suelos característicos se hicieron de manera minuciosa. Además de los valores medios de los factores climáticos, la variabilidad interanual de los factores determinantes (pluviometría y número de días con lluvia) permite evaluar un año probable, que refleja mejor las condiciones climáticas reales que afectan a la vegetación.
- Fisonomía, con datos sobre la estratificación vertical de la comunidad y sobre la fenología.
- Florística, con la enumeración de las especies por estratos, y clasificadas según su abundancia-dominancia, así como el análisis de sus afinidades geográficas.
- Estructura, basada en la información obtenida con los muestreos estructurales de los estratos superiores. Los parámetros usados fueron: la densidad de los individuos y el área basal (dominancia) por unidad de superficie, así como la frecuencia y todos

sus valores relativos. Las estructuras florísticas se caracterizaron también por medio de índices sintéticos: el índice de valor de importancia, el índice de diversidad de Shannon y la equitabilidad. Para cada muestreo, se utiliza el análisis de los diagramas de distribución por clases diamétricas, de densidades y de áreas basales, totales así como las correspondientes a las principales especies, con el objeto de explicar las estructuras observadas en función de la ecología de las especies dominantes, de sus potencialidades de regeneración y, eventualmente, de la presión antropógena.

- Regeneración, integrando los datos sobre las comunidades secundarias y los relativos a los procesos detectados de la sucesión de la vegetación.
- Conclusión, a la vez analítica y sintética, orientada hacia los aspectos más importantes e interesantes de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I. El bosque mesófilo de oyamel ocupa un área relativamente pequeña ya que está limitado a las partes más altas de algunos cerros. El bioclima tropical de montaña es fresco y húmedo con una estación seca corta. La comunidad está dominada por *Abies religiosa* y cuenta con un alto porcentaje de especies de distribución restringida, pero desde el punto de vista de la diversidad de la flora es de las más pobres. Cuando la presión antropógena no es muy fuerte, su capacidad de regeneración es buena.

CAPÍTULO II. El bosque de pino está constituido por dos agrupaciones, la mesófila de mediana altitud y la termófila de zonas más bajas. Estas dos comunidades, bien individualizadas por sus afinidades ecológicas y su composición florística, se encuentran dominadas por el género *Pinus* y están vinculadas a una pedogénesis ándica. Las condiciones climáticas de la agrupación termófila son de más calor y de menos humedad que las de la mesófila y favorecen una evolución fersialítica de los andosoles. Estos bosques ofrecen un buen ejemplo de complejidad de condiciones ecológicas y de diferentes grados de perturbación por tala, resinación, pastoreo e incendios. Las dos comunidades pueden ser consideradas como peniclímax, con fuerte influencia antropógena y edáfica. La sustitución de los bosques mesófilos de pino por los de encino, asociada a ciertas prácticas del sistema actual de explotación de estas poblaciones boscosas, podría acarrear bruscos cambios económicos y sociales en la Sierra Tarasca.

CAPÍTULO III. El bosque mesófilo de montaña ocupa, en el mismo piso altitudinal del bosque de pino, las localidades protegidas donde las condiciones de humedad y de temperatura le son más favorables, pudiendo reconocerse una agrupación de mayor altitud y otra de menor. Otro factor limitante de la extensión de esta formación parece estar vinculado a la naturaleza del suelo, casi exclusivamente constituida por litosoles. De tal manera el bosque está representado de modo muy fragmentario, aunque muestra uno de los índices más elevados de diversidad, aportando un contingente florístico importante a la región.

CAPÍTULO IV. La distribución geográfica del bosque de encino está determinada esencialmente por el clima, en particular por temperaturas bajas, precipitaciones escasas y estación seca larga. Estos bosques están muy degradados y el monte bajo antropógeno secundario desplaza cada vez más el arbolado natural, gracias a la gran capacidad de regeneración vegetativa a partir de tocones propia de numerosas especies de encino. Sin embargo, la sustitución viene acompañada de cambios florísticos importantes, inclusive a nivel de especies de *Quercus* que dominan tales bosques. Esta agrupación se caracteriza por una gran heterogeneidad florística y estructural.

CAPÍTULO V. El bosque tropical caducifolio ilustra el caso de la más intensa degradación antropógena. Los vestigios de la vegetación prístina son raros y ocupan superficies muy reducidas. Por el contrario, los matorrales secundarios abundan, son muy heterogéneos y por lo común están estabilizados. En esta situación, sólo un análisis profundo y comparativo de la vegetación, de la flora y del biotopo permitió llegar a la conclusión de que cerca de la mitad de la zona de estudio estaba originalmente cubierta por el bosque tropical caducifolio, y que los matorrales, agrupados clásicamente bajo el nombre de matorral subtropical, no son sino formas de poblaciones secundarias, casi siempre antropógenas. La distribución de esta formación está determinada esencialmente por un clima bastante cálido, semiseco, con estación seca larga y, en menor medida, por una maduración húmica, sobre todo vértica, del suelo. Su flora, con afinidades tropicales muy pronunciadas, presenta el más alto índice de diversidad.

CAPÍTULO VI. Se estudiaron asimismo otras comunidades de menor importancia: la vegetación de derrames recientes de lava, la vegetación acuática y subacuática, así como la vegetación ruderal (*lato sensu*), sin olvidar la presencia del bosque espinoso sobre suelos aluviales profundos, hoy dedicados enteramente a la agricultura.

La conclusión comprende una serie de análisis sintéticos y comparativos de las agrupaciones vegetales estudiadas:

Los diagramas de áreas teóricas de amplitud ecológica de los principales tipos de vegetación permiten definir diferentes aspectos de su determinismo. El estudio de las relaciones suelo-clima-vegetación muestra vínculos estrechos entre la cubierta vegetal y el suelo, resultado de una evolución paralela en el marco bioclimático, a su vez organizado en función del gradiente acentuado del clima.

La comparación entre las afinidades geográficas de la flora de las diferentes agrupaciones revela una serie de fenómenos interesantes. En particular, se observa que el análisis a nivel de especie denota una gran similitud entre todas las comunidades estudiadas (a excepción de la vegetación acuática), pero si se toma el género como unidad de referencia, existen diferencias importantes.

En lo que concierne a las relaciones florísticas, las similitudes son tanto mayores cuanto más parecidas son las condiciones edafo-climáticas de las comunidades.

La comparación de los parámetros de la estructura confirma la importancia de los diversos tipos de explotación sobre la densidad y la biomasa de las poblaciones.

Termina y complementa este trabajo un mapa sintético de la vegetación potencial del Noroeste de Michoacán.

RÉSUMÉ

Le Nord-Ouest du Michoacán présente un grand intérêt phytogéographique et écologique du fait de la variété des types de végétation qu'il contient et de leurs relations avec des gradients écologiques marqués. En plus de l'analyse des structures spatiales et floristiques, cette étude de la végétation tente de mettre en évidence le déterminisme écologique, essentiellement édapho-climatique, des sept grands types de végétation distingués.

Les aspects purement descriptifs de la couverture végétale, de la flore et de son milieu sont complétés par des considérations approfondies sur les aspects suivants:

- Relation entre l'homme et les plantes, tant dans le présent que par le passé.
- Interprétation de la distribution de la végétation et de la flore en fonction des facteurs du milieu, actuels et historiques.
- Définition des tendances et des relations dynamiques des différentes phytocénoses.

Après une introduction exposant les généralités et la méthodologie adoptée pour l'étude de la végétation, la Première Partie est consacrée à la description de la zone concernée, à l'examen des principaux facteurs du milieu ainsi qu'à l'analyse de la flore de la région.

Le Nord-Ouest du Michoacán est situé dans la partie nord-occidentale de l'axe néovolcanique transmexicain et à l'extrême sud du Haut Plateau central du Mexique. La zone d'étude comprend, au sud, la Sierra Tarasque (sierra: chaîne de montagnes) formée par de nombreux volcans de 2 000 à 3 400 m d'altitude, et, au nord, la dépression du Lerma constituée de larges vallées qui s'étalent entre 1 500 et 2 000 m d'altitude et qui sont dominées par quelques cônes volcaniques. Cette orographie marquée et la nature volcanique des substrats géologiques sont les facteurs déterminants de l'étagement des bioclimats et de la variété des sols.

C'est la méthode de Bagnouls et Gaussen, encore peu employée au Mexique, qui a été utilisée pour la définition et la classification du climat. Les bioclimats sont de type tropical à maximum de précipitations en jours longs. La saison sèche, importante à basse et moyenne altitude (6 à 7 mois), diminue avec l'altitude, pour être inférieure à 3 mois au-dessus de 2 500 m. Les précipitations, peu abondantes (700 à 1 000 mm par an) à basse altitude, pourraient atteindre 1 600 mm à haute altitude. Le gradient thermique moyen, égal ou supérieur à $0.7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ quelle que soit la saison, est relativement élevé pour une région tropicale. La température moyenne du mois le plus froid, janvier, varie de 17°C , dans les parties les plus basses, à moins de 10°C , au-dessus de 2 500 mètres.

La diminution marquée des températures, combinée à une augmentation des

précipitations et à une réduction de la sécheresse, crée en altitude des conditions bioclimatiques favorables à des formations forestières sempervirentes humides et au développement d'andosols. Les substrats de roches ignées et de cendres volcaniques, soumis aux différents climats du gradient altitudinal, évoluent en une variété de sols allant de ces andosols d'altitude aux vertisols et sols rouges fersiallitiques tropicaux, dans les parties les plus basses, à climat contrasté et où la végétation est caducifoliée.

L'impact des activités humaines sur la végétation est important, d'autant qu'il remonte à l'implantation dans la région du grand empire tarasque précortésien. En plus de l'agriculture, trois types d'exploitation des ressources sont présents: l'exploitation des bois d'œuvre et de construction, dans les forêts de conifères, l'artisanat, très développé depuis le XVI^e siècle, et le gemmage des peuplements de pins. À ces causes de dégradation s'ajoutent les exploitations illicites de bois de feu, en augmentation constante selon la croissance démographique. Enfin, l'impact du pâturage en forêt, et son corollaire que constituent les feux de saison sèche, ne sont pas à négliger.

Les affinités géographiques de la flore de la zone d'étude sont analysées en détail. Le cortège floristique est constitué par 969 espèces et 446 genres qui sont regroupés en 42 éléments, suivant leur aire de répartition géographique. Chaque type de végétation et même ses différentes strates sont également soumis à un examen minutieux du même type.

La Deuxième Partie est constituée par la définition, la caractérisation écologique, la description et la discussion des communautés végétales du Nord-Ouest du Michoacán. Les 7 groupements végétaux principaux, regroupés en 5 formations, sont étudiés sur la base du schéma suivant:

- Généralités, avec des considérations sur les antécédents bibliographiques et sur la position de la communauté végétale étudiée dans le cadre général de la végétation du Mexique.
- Biotope, principalement le sol et le climat. La description et les analyses de sols caractéristiques sont détaillées. En plus des valeurs moyennes des facteurs climatiques, la variabilité interannuelle des facteurs déterminants (pluviométrie et du nombre de jours de pluie) permet d'évaluer une année probable, qui rend mieux compte des conditions climatiques réelles subies par la végétation que ne peut le faire le climat moyen.
- Physionomie, contenant des informations sur la stratification verticale de la communauté et sur la phénologie.
- Floristique, avec l'énumération des espèces, par strates et classées selon leur abondance-dominance, ainsi que l'analyse de leurs affinités géographiques.
- Structure, basée sur l'information obtenue dans les relevés structuraux des strates supérieures. Les paramètres retenus intéressent: la densité des individus et la surface terrière (dominance) par unité de surface et la fréquence, ainsi que leur valeur relative. Les structures floristiques sont caractérisées également par des indices synthétiques: indice de valeur d'importance, indice de diversité de Shannon et équitabilité. Pour chaque relevé, l'analyse des diagrammes de distribution par classe de diamètre, des densités et des surfaces terrières, totales et par espèces

principales, est utilisée pour expliquer les structures observées en fonction de l'écologie des espèces dominantes, de leurs potentialités de régénération et, éventuellement, de la pression anthropique.

- Régénération, regroupant des données sur les communautés secondaires et sur les tendances des successions de végétations détectées.
- Conclusion, à la fois analytique et synthétique, orientée vers l'interprétation des aspects les plus importants et intéressants des résultats obtenus.

CHAPITRE I. La forêt mésophile de sapins occupe une aire relativement petite puisqu'elle est limitée aux parties les plus hautes de certaines montagnes. Le bioclimat tropical montagnard est frais et humide avec une saison sèche courte. Dominée par *Abies religiosa*, cette communauté végétale compte avec un pourcentage élevé d'espèces de distribution restreinte. Du point de vue de la diversité de sa flore, elle est une des plus pauvres. Quand la pression anthropique n'est pas trop forte, sa capacité de régénération est bonne.

CHAPITRE II. Deux groupements constituent la forêt de pins, l'un mésophile de moyenne altitude et l'autre thermophile de basse altitude. Ces deux groupements, bien individualisés par leurs affinités écologiques et leur composition floristique, sont dominés par le genre *Pinus* et restent liés à une pédogénèse andique. Les facteurs climatiques du groupement thermophile, plus chaud et sec que le groupement mésophile, favorisent une évolution fersiallitique des andosols. Ces forêts fournissent un bon exemple de la complexité des conditions écologiques et des différents degrés de perturbation par coupe, gemmage, pâturage et incendie. Les deux communautés peuvent être considérées comme des péniclimax, avec une forte influence anthropique et édaphique. Le remplacement de forêts mésophiles de pins par des forêts de chênes, lié à certaines pratiques du système d'exploitation actuel de ces peuplements forestiers, pourrait entraîner des bouleversements économiques et sociaux dans la Sierra Tarasque.

CHAPITRE III. La forêt mésophile de montagne occupe, dans l'étage altitudinal de la forêt de pins, les stations protégées où les conditions d'humidité et de température lui sont les plus favorables, avec un groupement de haute altitude et un de basse altitude. Un autre facteur limitant de l'extension de cette formation semble lié à la nature du sol, presque exclusivement constitué de lithosols. Ainsi elle n'est représentée que de façon très fragmentaire, mais elle montre un des plus forts indices de diversité, apportant un contingent floristique important à la région.

CHAPITRE IV. La distribution géographique de la forêt de chênes est déterminée essentiellement par le climat, association de basses températures, de faibles précipitations et d'une saison sèche longue. Ces forêts sont très dégradées et des taillis anthropiques secondaires remplacent de plus en plus les futaies naturelles, grâce à une grande capacité de multiplication végétative par rejets chez de nombreuses espèces de chênes. Mais cette substitution s'accompagne de grands changements floristiques,

même au niveau des espèces de *Quercus* qui dominent ces forêts. Ce groupement se caractérise par une grande hétérogénéité floristique et structurale.

CHAPITRE V. La forêt tropicale caducifoliée illustre le cas de la plus intense dégradation anthropique. Les vestiges de la végétation originale sont rares et occupent des surfaces très réduites. Par contre, les fourrés secondaires sont étendus, très hétérogènes et presque toujours stabilisés. Dans cette situation, seule une analyse profonde et comparative de la végétation, de la flore et du biotope a permis d'arriver à la conclusion que près de la moitié de la zone d'étude était originellement couverte de forêt tropicale caducifoliée, et que les fourrés, regroupés classiquement sous la dénomination de fourré subtropical, ne sont que des formes de peuplement secondaires, presque toujours anthropiques. La distribution de cette formation est déterminée essentiellement par un climat assez chaud, subsec à saison sèche longue et, dans une moindre mesure, par une maturation humique, surtout vertique, de la couverture pédologique. Sa flore, aux affinités tropicales très prononcées, présente l'indice de diversité le plus élevé.

CHAPITRE VI. Enfin, des communautés de moindre importance ont également été étudiées: la végétation des coulées de lave récentes, la végétation aquatique et subaquatique et la végétation rudérale (*lato sensu*). Sans oublier la présence de la forêt épineuse sur les sols alluviaux profonds, aujourd'hui entièrement dédiés à l'agriculture.

La conclusion est constituée par une série d'analyses synthétiques et comparatives des groupements végétaux étudiés.

Les diagrammes des aires théoriques d'amplitude écologique des principaux types de végétation permettent de définir les différents aspects de son déterminisme. L'étude des relations sol-climat-végétation fait apparaître d'étroites liaisons entre les couvertures végétales et édaphiques résultant d'une évolution parallèle dans un cadre bioclimatique lui-même organisé selon un gradient altitudinal marqué.

La comparaison entre les affinités géographiques de la flore des différents groupements révèle une série de phénomènes intéressants. En particulier, on constate que l'analyse au niveau spécifique montre une grande similitude entre toutes les communautés étudiées (à l'exception de la végétation aquatique), alors qu'en utilisant le genre comme unité de référence, il existe des différences importantes.

En ce qui concerne les relations floristiques, les similitudes sont d'autant plus élevées que les groupements sont dans des conditions édapho-climatiques proches.

La comparaison des paramètres de structure confirme l'importance des divers types d'exploitation sur la densité et la biomasse des peuplements.

Enfin une carte synthétique de la végétation potentielle du Nord-Ouest du Michoacán complète et termine ce travail.

GÉNÉRALITÉS ET MÉTHODOLOGIE

1. Choix et délimitation de la zone d'étude

L'État du Michoacán avait été choisi par le Centre d'Études Mexicaines et Centraméricaines, CEMCA, en accord avec l'administration mexicaine, en particulier, l'Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) pour des recherches archéologiques. Comme il s'agissait d'une région peu étudiée et en accord avec les nouvelles orientations du CEMCA, P. Usselman et C. Bataillon, directeurs successifs du Centre, ont encouragé la formation d'une équipe multidisciplinaire. Or ce projet ne pouvait être mené à bien sans une base écologique et phytogéographique, dont j'ai été chargé. Après une reconnaissance générale de la totalité de l'État du Michoacán, effectuée début 1983, la région la plus intéressante, pour les archéologues, s'est avérée être la zone de Zacapu et Villa Jiménez jusqu'au cerro (cerro: colline) de Zináparo au nord.

Du point de vue phytogéographique, l'étude de la végétation de la zone constituée par la Sierra Tarasque et la dépression du Lerma s'est de suite imposée, pour différentes raisons. Tout d'abord, ce choix a permis aux chercheurs de différentes disciplines (archéologie, ethnologie, géographie et écologie) de travailler sur une même région, le Nord-Ouest du Michoacán. La succession altitudinale des types de végétation, le long d'un transect nord-sud, entre 1 500 et 3 400 m d'altitude, nous a paru fort intéressante pour mettre en relation les gradients écologiques (altitude, climat et sol) et les changements floristiques et structuraux des groupements végétaux.

Seul le versant nord de la sierra a été retenu car sa végétation n'avait pas été étudiée avec précision jusqu'à cette date. Par contre, les groupements végétaux du versant sud et de la frange de transition vers les terres chaudes de basse altitude de la dépression du río Balsas (río: rivière) avaient déjà été décrits par Leavenworth (1946) et Miranda (1947). Il en est de même pour la dépression du lac de Pátzcuaro grâce au travail récent d'écologie intégrée, réalisé par une équipe mexicaine (voir les publications de Toledo *et al.* 1980; Toledo et Barrera 1984; et surtout Barrera 1986).

Les forêts de pins de la sierra ont une grande valeur économique: c'est un des massifs les plus riches pour l'exploitation forestière nationale et elles constituent la base économique de la région (exploitation commerciale du bois de pin, récolte de la résine et travail artisanal du bois de nombreuses espèces arborées). Le versant du río Lerma est, lui, très anthropisé et la forêt tropicale caducifoliée a pratiquement disparu, n'occupant qu'un petit nombre de refuges très peu étendus. La dynamique actuelle de l'ensemble des communautés végétales secondaires, connues sous le nom de fourré subtropical, devait être étudiée rapidement.

Ces différentes considérations m'ont amené à délimiter la zone d'étude de la façon

suivante: au nord le río Lerma, au sud la latitude 19°35'N, à l'est et à l'ouest les longitudes 101°40'O et 102°28'O respectivement.

2. Terminologie et nomenclature

Le choix de la zone d'étude et les travaux déjà réalisés sur la végétation (floristiques, structuraux et phytogéographiques) m'ont amené à définir le niveau de perception auquel pouvait se réaliser cette étude. En se basant sur les cinq niveaux de perception écologique définis par Long (1969 et 1974), l'analyse a été menée de la façon suivante: description des formations végétales et analyse des variables écologiques (climats locaux, positions topographiques, substrat géologique, supports pédologiques, etc.).

Comme le fait remarquer Ozenda (1982), les diverses classifications utilisées pour la description du couvert végétal "ont conduit à des systèmes assez différents, du moins en apparence car dans la pratique on note, heureusement, une certaine convergence entre ces systèmes". Au Mexique, la classification physionomique est la plus répandue, avec une tendance plus ou moins forte à introduire des paramètres et des classifications écologiques (voir la synthèse faite par Rzedowski 1978 sur les principales terminologies utilisées au Mexique pour décrire la végétation).

Les méthodes phytosociologiques, dont la plus prestigieuse est celle de l'école zuricho-montpelliéraine développée sous l'impulsion de Braun-Blanquet, n'ont été que très peu utilisées au Mexique et seulement pour des études ponctuelles comme celle de Rzedowski (1954). Ces classifications sont difficilement applicables dans les pays tropicaux à cause, d'une part, des connaissances incomplètes autant des variables écologiques que de la flore, et, d'autre part, de l'extrême variabilité des conditions du milieu et, par conséquent, des paramètres floristiques phytosociologiques. La classification choisie est donc fondamentalement basée sur les caractéristiques physionomiques et écologiques, mais elle s'est également inspirée des critères dynamiques, comme ceux utilisés par Clements (1936) et surtout par l'École de Toulouse du professeur Gaussen et de ses successeurs au Service de la Carte de la Végétation du CNRS (Gaussen 1954; Rey 1960) et de l'Institut de la Carte Internationale de la Végétation, ICIV (Legris 1963).

Il est indispensable, pour commencer, de préciser le sens d'un certain nombre de termes techniques, utilisés dans la nomenclature et la classification des groupements végétaux et dont les significations sont parfois différentes selon les auteurs:

- Formation végétale: groupe de plantes présentant un caractère physionomique défini, généralement dû à la dominance d'un même type biologique.
- Groupement: unité de végétation définie à l'aide de méthodes statistiques (parfois élémentaires) et étudiée du point de vue de sa composition floristique et de son écologie (d'après Gounot 1961).
- Série dynamique: ensemble de groupements qui présentent une relation de succession dans le temps et qui évoluent, en l'absence de toute perturbation, vers un groupement final en réalisant un équilibre milieu-végétation. Ce stade est, pour

Clements (1936), le climax climatique, stable et impérativement lié à son climat. Cette notion, un peu étroite, a d'abord été contestée, du fait que l'on peut observer, sous un même climat et en équilibre avec lui, des groupements distincts. D'autres facteurs (édaphiques, biotiques ou anthropiques) peuvent intervenir sur l'évolution de la végétation dans une même région climatique, d'où le concept de polyclimax: ensemble de groupements plus ou moins proches, en équilibre sous un même climat. Mais, actuellement, et surtout dans les régions tropicales humides, c'est la notion même de climax qui est contestée, à cause de l'évolution permanente observée dans un groupement final non perturbé et permettant sa régénération. C'est donc le concept de stabilité qui est remis en cause.

Ozenda (1982) signale qu'on accorde plus d'attention aux groupements terminaux dans les classements dynamiques. Lorsqu'on travaille sur un terrain peu étudié, comme le Nord-Ouest du Michoacán, c'est cette démarche qui s'impose, au moins dans un premier temps.

La classification de la végétation adoptée ici est fortement inspirée de celles qui sont habituellement utilisées au Mexique. Afin d'éviter toute confusion, et dans la mesure où ces classifications me paraissaient appropriées, j'ai essayé de n'y apporter qu'un minimum de modifications. La typonymie des types de végétation est basée sur leurs caractéristiques physionomiques, écologiques et parfois floristiques. Une série de végétation porte le nom de la communauté terminale qui lui correspond.

3. Méthodologie

J'ai accordé, dans ce travail, une importance particulière aux strates arborées et arbustives, pour différentes raisons:

- c'est, de mon point de vue, primordial à l'échelle choisie et pour une première étude générale sur la végétation d'une région;
- ce choix est partiellement imposé par la connaissance actuelle de la flore mexicaine et les difficultés de détermination des espèces herbacées;
- les types de végétation arborés et arbustifs constituent l'essentiel du paysage du Nord-Ouest du Michoacán.

3.1. Échantillonnage

L'effort d'échantillonnage a porté en premier lieu sur les communautés végétales représentant les derniers stades des séries dynamiques. Un échantillonnage stratifié, basé sur les cartes existantes, a été tenté. Mais plusieurs obstacles ont altéré ce plan: la couverture cartographique incomplète¹ et les difficultés d'accès. C'est donc à l'occasion de nombreux parcours sur les routes et les pistes praticables et ouvertes que certaines stations d'échantillonnage ont été choisies. Mais ces dernières, assez facilement accessibles, étant souvent cultivées ou très dégradées (pâturage, incendies et

coupes de bois), j'ai dû faire appel, dans de nombreux villages, à des informateurs. Leurs excellentes connaissances de l'environnement m'ont beaucoup aidé pour choisir les stations et m'ont permis d'avoir accès à des endroits que, seul, je n'aurais pu atteindre.

Les 51 stations échantillonnées sont inégalement réparties entre les séries dynamiques, en fonction de la complexité et de l'intérêt de chacune d'elles.

3.2. Les relevés

J'ai mis au point des formulaires de relevés, en les adaptant à la région étudiée et aux conditions particulières de travail, sur la base du "code écologique" élaboré par Godron *et al.* (1983). L'emplacement exact de chaque relevé était reporté sur la carte topographique au 1/50 000; l'altitude, la pente, le type de sol, l'exposition, la nature et le pourcentage d'affleurement de la roche mère étaient également notés sur le terrain.

Deux types de relevés ont été effectués:

- les relevés structuraux concernant les strates arborées et arbustives uniquement;
- les relevés floristiques.

3.2.1. Les relevés structuraux

Une étude préalable de l'aire minimale et la volonté d'avoir des surfaces à contenu homogène m'ont amené à définir deux types de niveaux de relevés: des parcelles de 0.25 ha (50 x 50 m) et des placettes de 0.04 ha (20 x 20 m) dans des forêts basses et des fourrés peu diversifiés floristiquement. Au total 30 parcelles et 8 placettes ont été exploitées. Les parcelles étaient divisées en 25 plots égaux de 10 x 10 m et les placettes en 16 plots de 5 x 5 m. À l'intérieur d'un relevé, tous les arbres ou arbustes de plus de 5 cm de diamètre sont identifiés (noms scientifiques et vernaculaires) et leurs diamètres à hauteur de poitrine (DBH à 1.30 m du sol) sont notés. La surface terrière, calculée à partir des mesures de DBH, est généralement considérée comme un bon estimateur de la biomasse et utilisée, à ce titre, en raison de sa facilité de mesure.

3.2.2. Les relevés floristiques

Chaque fois que cela a été possible, 2 relevés floristiques de 10 x 10 m, soit 0.01 ha, ont été effectués dans toutes les stations des relevés structuraux, mais le temps nécessaire pour réaliser le relevé structural et, surtout, pour atteindre la station, ne l'a pas permis de façon systématique. Chaque espèce présente a été notée et s'est vu attribuer un coefficient d'abondance-dominance, selon l'échelle classique de Braun-

Blanquet (1952). Ont été également notés la vigueur, la répartition, l'état phénologique et le type biologique (selon les classes définies par Godron *et al.* 1983) ainsi que la strate (herbacée, arbustive et arborée, avec la hauteur moyenne) dans laquelle chaque espèce se développe.

3.3. Les plantes

Les échantillons d'herbier ont été prélevés avec soin et pressés, le soir même de leur récolte, sur le terrain. L'ensemble des collectes est déposé à l'herbier national français du Laboratoire de Phanérogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (P). Dans la mesure du possible, chaque plante a été récoltée en 5 exemplaires. Ils ont été donnés, par ordre de préférence, aux herbiers du CEMCA, de l'UNAM (MEXU), de l'IPN (ENCB) et à celui de l'UMSNH (Morelia). Depuis sa création, l'herbier du Centro Regional del Bajío, fort bien fourni dès le départ avec la collection de J. Rzedowski, a également reçu des doubles.

Étant donné l'absence de flore pour la zone d'étude, il serait fastidieux de citer les nombreux travaux de systématique consultés pour les déterminations. Je ne citerai donc que les flores régionales qui m'ont été les plus utiles: Bravo (1978), Martínez et Matuda (1979), Rzedowski et Rzedowski (1979 et 1986), Sánchez (1976), Shreve et Wiggins (1977), Standley (1920-1926) et, sans rentrer dans les détails de chaque publication, la série complète de *Fieldiana Botany* (du Field Museum of National History), sur la flore du Guatemala, les séries, en cours de parution, de la *Flora de Veracruz* (éditée par l'Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, INIREB, Xalapa, Mexique) et la *Flora Novo-Galiciana* (dirigée par McVaugh et éditée par l'University of Michigan Press), et enfin une série qui commence, sous la direction de Breedlove, la *Flora of Chiapas* (publiée par la California Academy of Sciences).

3.4. Traitement des données

Les relevés floristiques ont permis de mettre en évidence les espèces dominantes des différentes strates de chaque type de végétation. Le traitement des données des relevés structuraux a été réalisé sur les bases et de la manière indiquées ci-après.

3.4.1. Les paramètres structuraux classiques

L'unité de référence étant le relevé, ce sont les symboles suivants qui sont utilisés par la suite:

N = nombre total d'individus

A = surface en ha

n_k = effectif de l'espèce k

S = nombre total d'espèces

P = nombre total de plots

p_k = nombre de plots où l'espèce k est présente

t_k = surface terrière totale de l'espèce k en cm^2

Les paramètres structuraux sont:

- la densité spécifique ou nombre d'individus de l'espèce k par unité de surface:

$$d_k = n_k / A \quad \text{en ind./ha}$$

- la densité totale ou nombre total d'individus par unité de surface:

$$D = N / A = \sum_{k=1}^S d_k \quad \text{en ind./ha}$$

- la densité relative ou rapport du nombre d'individus de l'espèce k au nombre total d'individus:

$$dr_k = (n_k / N) \times 100 = (d_k / D) \times 100 \quad \text{en \%}$$

- la fréquence ou rapport du nombre de plots où l'espèce k est présente au nombre total de plots:

$$f_k = (p_k / P) \times 100 \quad \text{en \%}$$

- la fréquence relative ou rapport de la fréquence de l'espèce k à la somme des fréquences de toutes les espèces:

$$fr_k = (f_k / \sum_{k=1}^S f_k) \times 100 \quad \text{en \%}$$

- la dominance spécifique ou surface terrière de l'espèce k par unité de surface:

$$st_k = t_k / A \quad \text{en cm}^2/\text{ha}$$

- la surface terrière totale ou surface terrière totale par unité de surface:

$$ST = \sum_{k=1}^S st_k \quad \text{en cm}^2/\text{ha}$$

- la dominance relative ou rapport de la surface terrière de l'espèce k à la surface terrière totale:

$$str_k = (t_k / \sum_{k=1}^S t_k) \times 100 = (st_k / ST) \times 100 \quad \text{en \%}$$

3.4.2. Les indices synthétiques

Les indices permettent d'obtenir une image synthétique de la structure des communautés végétales et présentent, en particulier, un intérêt comparatif.

Deux indices ont été calculés:

- l'indice de valeur d'importance, IVI_k , qui est la moyenne arithmétique, pour l'espèce k , de la densité relative, la fréquence relative et la dominance relative (Lindsey 1956 *in* Levenson 1981):

$$IVI_k = (dr_k + fr_k + str_k) / 3 \quad \text{en \%}$$

L'indice de valeur d'importance est une expression synthétique et quantifiée de l'importance d'une espèce dans un peuplement;

- l'indice de diversité de Shannon H_{sh} et l'équitabilité E pour chaque station étudiée (Shannon et Weaver 1949). La diversité exprime de manière synthétique le nombre et l'abondance des espèces d'un peuplement. Plusieurs mesures de la diversité spécifique ont été proposées. Chaque technique présente, selon Krebs (1978), des avantages et des inconvénients. En ne considérant que l'approche fondée sur la théorie de l'information, deux indices de diversité sont couramment utilisés, H_{sh} et I_{MG} (Margaleff 1957). Sans entrer dans le détail des différences entre ces deux derniers (voir pour cela Daget 1976), la supériorité de l'indice de Shannon est essentiellement due au fait qu'il peut être généralisé plus facilement, aussi est-il plus souvent utilisé. L'équitabilité est définie comme le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale (diversité d'un peuplement où toutes les espèces présentes auraient la même fréquence relative, égale à $\log_2 S$):

$$H_{sh} = -\sum_{k=1}^S (n_k / N) \times \log_2 (n_k / N) \quad \text{en bits}$$

$$E = H_{sh} / H_{shmax} \quad \text{avec } H_{shmax} = \log_2 S$$

3.4.3. Les structures totales et par taxon

Le terme de structure est employé au sens de Rollet (1974), c'est-à-dire comme représentant les répartitions du nombre d'individus par classe de diamètre, pour la population totale ou pour un taxon donné. La répartition de la surface terrière par classe de diamètre est également considérée pour obtenir une meilleure représentation de la structure. En effet, une espèce peut être très abondante mais avec une biomasse faible ou inversement.

3.5. Cartographie

L'Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, possède un plan complet de cartographie de la République Mexicaine au 1/50 000. Si les couvertures topographique et géologique sont déjà très avancées (en particulier toute la zone d'étude est couverte), ce n'est pas encore le cas pour les cartes d'édaphologie et d'utilisation du sol (voir liste des cartes disponibles: note 1). Cependant en dehors des cartes d'utilisation du sol parues à l'INEGI, j'ai pu avoir accès à des documents cartographiques non publiés, à usage interne, de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán, CFEM, sur la couverture forestière des parties centre et ouest de la Sierra Tarasque. D'autre part Gómez-Tagle, Madrigal et Bello m'ont permis de consulter les cartes non publiées d'une étude sur les relations entre les plantes et les types de sols dans la Sierra Tarasque (*lato sensu*). Ce travail avait été présenté lors du VII^e Congrès Mexicain de Botanique, en 1981.

Dans la perspective de l'approche dynamique utilisée ici et étant donné l'existence des cartes d'utilisation du sol publiées par l'INEGI, j'ai choisi d'élaborer une carte thématique synthétique des groupements végétaux terminaux des séries dynamiques. Il s'agit donc d'un inventaire de la végétation potentielle qui intéresse les paysagistes, les aménageurs et les planificateurs (Long 1974). Sur le terrain, j'ai cartographié au 1/50 000 la végétation et ses limites potentielles, mais en définitive, c'est une carte au 1/500 000 qui illustre ce travail.

Note

- 1 Liste des cartes de la DETENAL, au 1/50 000, disponibles pour la zone d'étude: F13D78 (T,G,E,U), F13D79 (T,G,U), F14C71 (T,G,U), F13D88 (T,G,E,U), F13D89 (T,G,E,U), F14C81 (T,G,E,U), E13B18 (T,G,E), E13B19 (T,G,E), E14A11 (T,G,E), E13B28 (T,G,E), E13B29 (T,G,E), E14A21 (T,G,E), avec T = topographie; G = géologie; E = édaphologie; et U = utilisation du sol.

PREMIÈRE PARTIE

LE MILIEU NATUREL

I. RELIEF ET GÉOLOGIE

La zone d'étude se situe dans la partie centrale de l'axe néovolcanique transmexicain, d'orientation générale E-O, dans le centre du Mexique (Demant 1978 et 1981). C'est un système montagneux qui traverse le pays entre 19° et 21° de latitude nord, sur une longueur de 10° en longitude, entre la côte pacifique et la plaine côtière du golfe du Mexique. Ces montagnes recoupent, presque perpendiculairement, les reliefs essentiellement NNO-SSE du Nord du Mexique (Sierra Madre). Au nord du Michoacán, l'axe néovolcanique sépare l'extrême Sud du Haut Plateau central de la dépression du río Balsas.

1. Orographie

Il est classique de distinguer, dans le Nord du Michoacán, deux provinces géographiques (Correa et Rodríguez 1974): le système volcanique transversal (partie centro-occidentale de l'axe néovolcanique) et la dépression du río Lerma qui, en fait, constitue le versant nord de l'axe transmexicain, vers le Haut Plateau mexicain (INEGI 1985). La zone d'étude étant ainsi divisée en deux régions plus ou moins équivalentes, je parlerai de la Sierra Tarasque (*stricto sensu*) pour la première et de la dépression du Lerma (*stricto sensu*) pour la seconde (voir Fig. 1 et carte topographique, Fig. 2).

1.1. La Sierra Tarasque

Elle ne descend au-dessous de 2 000 m d'altitude qu'à l'ouest, où la cote des 1 500 m est atteinte à l'extrême sud-ouest. La Sierra Tarasque est constituée par un nombre impressionnant d'éminences volcaniques séparées par des vallées ou dépressions situées entre 2 000 et 2 500 m (Fig. 2 et photo 1). De nombreux volcans s'élèvent à plus de 3 000 m, par exemple le cerro de Patamban, 3 400^m, point culminant de la zone d'étude. L'intensité des pluies d'été a provoqué une érosion, en ravines, assez intense de ces cônes volcaniques pourtant récents.

Les volcans peuvent être groupés morphologiquement en trois types (Demant 1981):

- les strato-volcans: il n'en existe que deux dans tout l'État du Michoacán, le plus imposant étant le cerro Tancítaro (3 900 m), situé à quelques kilomètres au sud de la zone d'étude. Le deuxième est le cerro de Patamban, dont les versants sont érodés et entaillés par de nombreuses vallées dénommées *barrancas*;



Figure 1 - Carte générale du Nord-Ouest du Michoacán. Villes, éminences topographiques principales (les courbes de niveau de 1 500, 2 000, 2 500 et 3 000 m sont indiquées: voir Fig. 2 pour plus de précision) et voies de communication principales. La ligne discontinue indique la séparation entre la Sierra Tarasque, au sud, et la dépression du Lerma au nord (d'après les cartes topographiques de la DETENAL au 1/500 000).

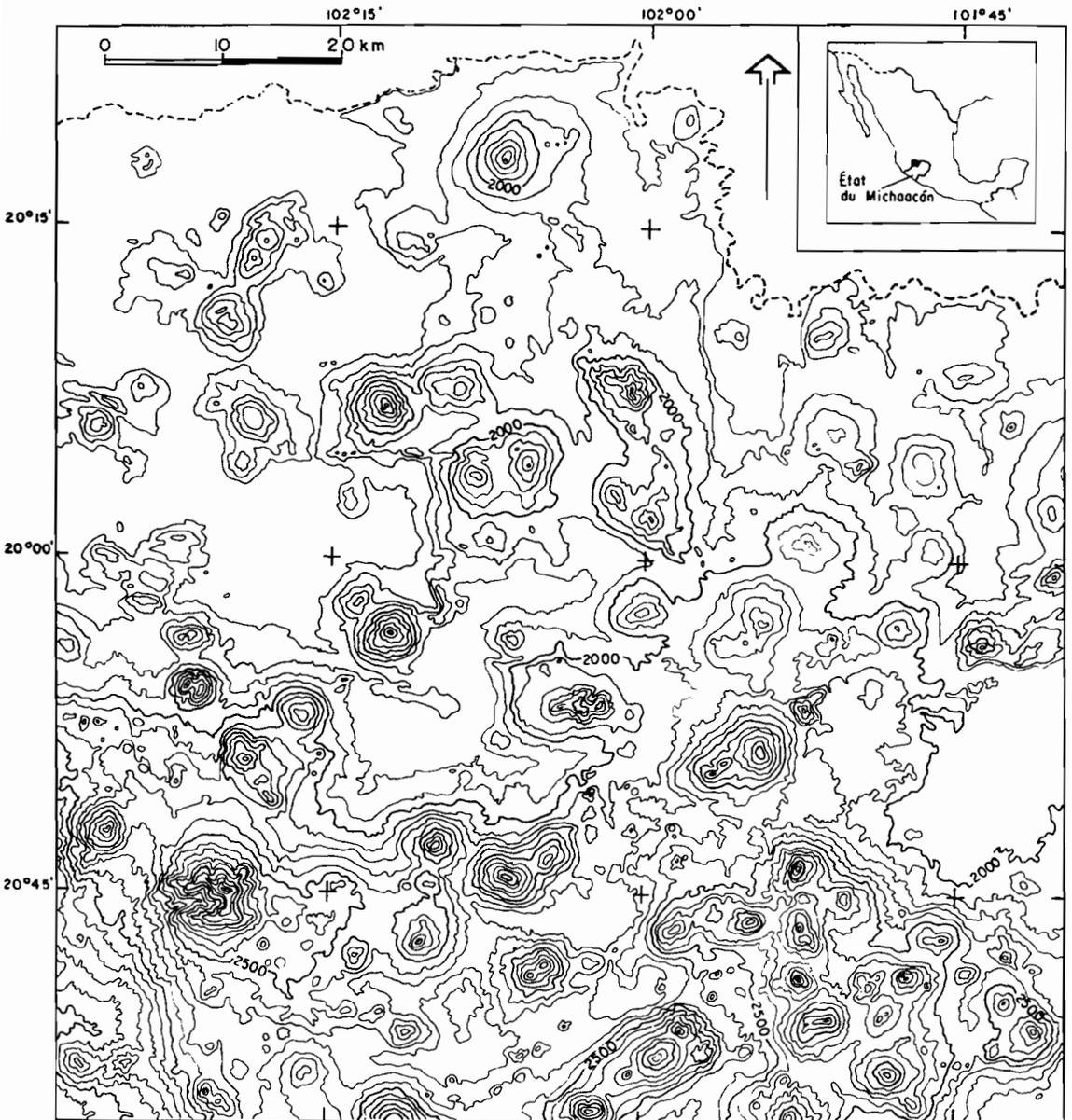


Figure 2 - Topographie de la zone d'étude, équidistance des courbes de niveau: 100 m (d'après les cartes topographiques de la DETENAL au 1/500 000).



Photo 1 - Vue de la Sierra Tarasque vers l'Est à partir de Guanatini, Pamatácuaro, municipio Los Reyes (municipio: commune).

- les cônes de laves: de forme régulière, aux pentes souvent raides, ils forment un ensemble imposant de pointements volcaniques proches les uns des autres. Leur hauteur relative est comprise entre 600 et 1 000 m, mais leur diamètre de base étant réduit, ces édifices ont des formes vigoureuses³;
- les volcans monogéniques: de petite taille, ils sont caractérisés par l'émission de coulées de laves plus ou moins volumineuses rayonnant autour d'un cône scoriacé. Dans le cas des volcans les plus anciens, les structures de surface disparaissent sous les cendres provenant des éruptions des appareils plus récents. Dans certaines parties de la sierra, les affleurements de lave n'apparaissent que rarement, car ils sont recouverts par des andosols qui résultent de l'altération des cendres. Ces volcans monogéniques sont nombreux dans tout l'État⁴;

La sierra est classiquement subdivisée en un certain nombre de massifs secondaires dont les principaux sont, du nord au sud: la sierra de Paracho, la sierra de Nahuatzen, la sierra de Patamban et la sierra de Purépero.

1.2. La dépression du Lerma

La dépression du Lerma constitue la zone de transition entre l'axe néovolcanique transmexicain et la région du Bajío, plus au nord. C'est une région d'altitude, inclinée vers le NO et constituée par de larges vallées, situées entre 1 550 (au NO) et 2 000 m (au SE), séparées par des éminences volcaniques de 1 900 à 2 500 m d'altitude (photo 2). Ces éminences sont des cônes de laves de hauteur relative assez faible (entre 100 et 700 m) en général plus empâtés que ceux de la Sierra Tarasque. Le plus imposant est le Cerro Grande de La Piedad, qui culmine à 2 510 mètres.

Les principales vallées et dépressions sont, du sud au nord: la dépression de Zacapu, la vallée de Zamora, la vallée de Penjamillo, la vallée d'Ixtlán, la vallée de Tanhuato et la vallée de La Piedad.

2. Hydrographie

Le bassin du río Lerma fait partie du grand système Lerma-Chapala-Santiago, une des plus vastes unités hydrographiques du Mexique. Le río Lerma prend sa source dans la sierra de l'Ajusco (État de Mexico) et se jette dans le lac de Chapala, à l'extrême nord-ouest du Michoacán. Il coule sur toute la bordure nord de la zone d'étude et reçoit, sur sa rive gauche, les principaux affluents suivants, énumérés d'est en ouest (Correa 1974):

- Río Angulo: il prend sa source près de Zacapu et suit une direction générale S-N sur 44 km (Blasques et Lozano 1946) pour se jeter dans le río Lerma au nord d'Angamacutiro, près du village de Santiago Conguripo. Son bassin a une superficie de 2 063 km² (Blásquez et Lozano 1946).

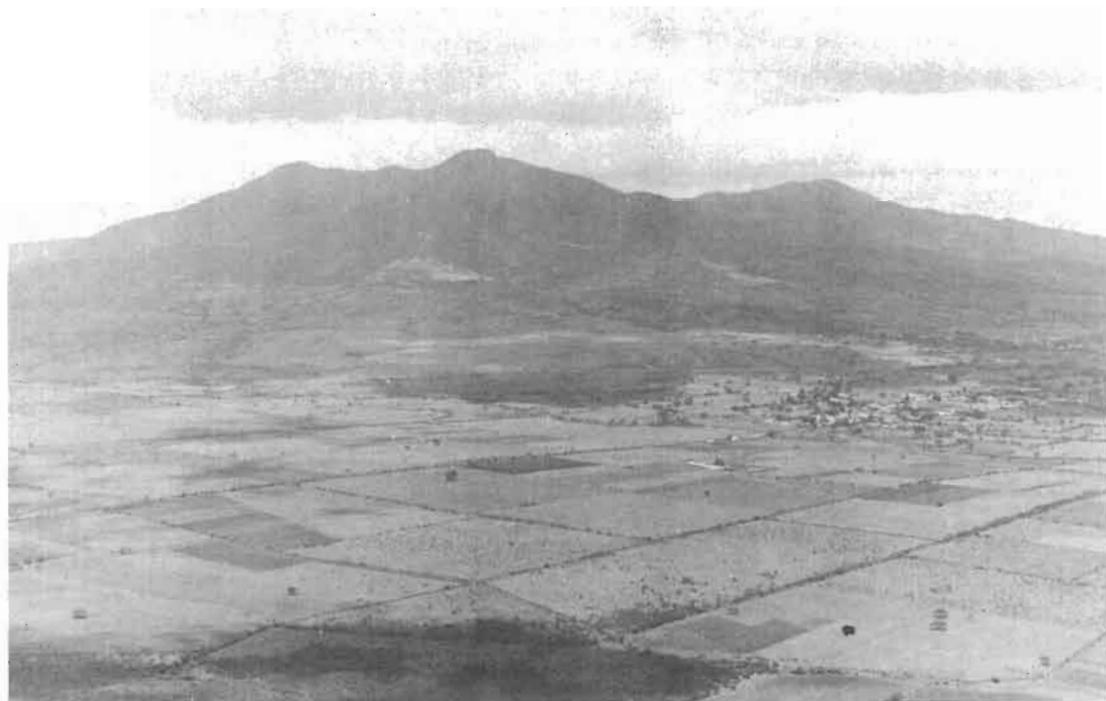


Photo 2 - Vue aérienne de la dépression du Lerma avec, au Nord, le cerro de Zináparo.

- Río Tanhuato ou Quiringuicharo: de direction générale SE-NO, il prend sa source près de Changuitiro. Avant qu'il ne débouche dans le río Lerma, la construction de la presa Gonzalo à des fins d'irrigation a localement transformé cet affluent en un lac de barrage.
- Río Duero: ce fleuve se jetait directement dans le lac de Chapala, mais, après des aménagements réalisés pour l'irrigation, il s'est artificiellement transformé en un affluent du Lerma. Il naît à Carapan, de l'union d'un certain nombre de sources, où il est appelé río Chilchota, ne prenant son nom de río Duero qu'après avoir reçu sur sa droite le río Tlazazalca. D'une longueur de 100 km et orienté SE-NO, il draine une superficie d'approximativement 2 156 km² (Blásquez et Lozano 1946).

De nombreux districts d'irrigation ont été établis dans cette partie du bassin du Lerma, les plus grands étant ceux de Zacapu, de Zamora et du bassin de Chapala.

L'Ouest et Sud-Ouest de la zone d'étude sont drainés par différents torrents, souvent temporaires, en relation avec le bassin du río Tepalcatepec. La Sierra Tarasque, dans sa partie centrale, est caractérisée par un système hydrographique temporaire qui alimente, en saison des pluies, de nombreuses et petites dépressions endoréiques. À l'est, ces torrents se déversent dans le grand bassin endoréique du lac de Pátzcuaro.

Le Centre et le Nord de l'État sont caractérisés par un nombre assez considérable de sources, en relation principalement avec la nature géologique du terrain. Elles sont situées, soit dans les roches d'origine volcanique, soit sur les bords de ces dernières (Maderey 1974), ce qui s'explique par la forte perméabilité de ces formations volcaniques: les eaux, en arrivant à des formations moins perméables, sortent à la surface. Il existe également des sources thermales, la plus impressionnante d'entre elles étant constituée par les sources chaudes d'Ixtlán.

3. Géologie

Toute la région est située dans le secteur Michoacán de l'axe néovolcanique trans-mexicain (Demant *et al.* 1976; Demant 1978 et 1981), zone où les éruptions ont été les plus nombreuses durant le dernier million d'années.

3.1. Tectonique

Il est admis que l'axe néovolcanique est à mettre en relation avec la zone de subduction de la plaque Cocos sous celle de l'Amérique du Nord, au niveau de la fosse d'Acapulco. Mais les interprétations de ses caractéristiques, originales, sont très controversées (voir Demant 1978).

Pour comprendre le volcanisme quaternaire, il est nécessaire de connaître l'évolution tectonique tertiaire (Demant 1981). À la suite des phases orégoniennes (de l'Albo-Cénomanién) et laramiennes (du Paléocène), qui ont entraîné la fermeture progressive

des bassins océaniques, la plus grande partie du Mexique est structurée et émergée. Après l'épisode laramien et la formation de la plaque Caraïbe, le mouvement de dérive de l'Amérique du Nord a entraîné l'établissement d'une zone de subduction active (plaque de Farallón, plaque nord-américaine, tout au long de la façade pacifique du Mexique). Cette dernière est responsable de l'édification progressive, durant l'Oligocène, de la Sierra Madre Occidental.

À partir du Miocène débutent, sur la façade pacifique du Mexique, les mouvements de type *basin and range*, prélude à l'ouverture du golfe de Californie (Atwater 1970). Cette tectonique distensive marque la fin du système Farallón-Amérique du Nord et l'apparition, au Miocène supérieur (10 M.a.), du nouveau régime de subduction Cocos-Amérique du Nord, marquant un changement radical dans l'orientation des structures: abandon des directions NNO-SSE, qui prévalaient dans la Sierra Madre Occidental, pour la structure essentiellement E-O de l'axe néovolcanique. Cette évolution est due au changement de pôle de rotation de la plaque subductée. À cette époque, une séquence volcanique Miocène supérieur-Pliocène se développe dans la partie centrale du Mexique, préfigurant l'axe transmexicain (Demant 1978). C'est à cette séquence qu'appartiennent, en particulier, les édifices volcaniques andésitiques du Centre et du Nord de la dépression du Lerma dont le plus imposant est le Cerro Grande de La Piedad.

La dernière restructuration intervenue dans le Pacifique centroriental au Pliocène (5 M.a.) a entraîné un changement du pôle de rotation de la plaque Cocos, dont le pivot correspond au point triple de Rivera (Lynn et Lewis 1976). Cela se matérialise par le passage de la chaîne volcanique du Miocène supérieur-Pliocène à une nouvelle séquence calco-alkaline, située légèrement plus au sud, l'axe néovolcanique transmexicain (Demant 1981). La répartition des volcans de cet axe est le reflet des phénomènes de subduction de la plaque Cocos, qui s'enfonce d'une manière oblique au sud du Mexique. Tous les volcans de la Sierra Tarasque et la grande majorité de ceux de la dépression du Lerma sont d'âge quaternaire.

3.2. Types de structures volcaniques et chronologie relative

La morphologie des trois types de volcans définis par Demant (1981) a déjà été mentionnée précédemment:

- Le strato-volcan: le cerro de Patamban est un des appareils volcaniques quaternaires les plus anciens du secteur Michoacán. Plusieurs points d'émission, adventifs et situés près du sommet, semblent avoir fonctionné. Le volume de lave émis est compris entre 25 et 30 km³.
- Les cônes de laves: leur forme générale, simple, indique qu'ils se sont édifiés en une seule étape par une succession de coulées de laves andésitiques, issues d'un conduit central, d'un volume relativement peu important (5 à 10 km³). Ils sont antérieurs aux volcans monogéniques et une certaine chronologie peut être établie entre eux: les plus anciens se caractérisent par la présence de laves massives à leur sommet,

dues à la mise à nu partielle de la cheminée et leurs coulées ne sont plus que difficilement discernables alors que les flots de lave des appareils plus récents sont encore parfaitement individualisés.

- Les volcans monogéniques: ils représentent l'activité volcanique la plus récente. Ces appareils à vie brève ont émis un volume de lave généralement faible (<2 km³). La grande quantité de cônes volcaniques, sans directions d'alignement évidentes, semble prouver que leur distribution dépend du réseau de failles qui affecte le substratum (Settle 1979). Il semble ainsi que ces éruptions soient liées à la montée de petits stocks de lave qui évoluent ensuite dans des réservoirs près de la surface. Ici encore une chronologie relative, basée surtout sur la morphologie plus ou moins fraîche des coulées, peut être facilement élaborée. Le volcan le plus récent, situé à quelques kilomètres au sud de la zone d'étude, est le Paricutín, dont l'éruption s'est poursuivie de 1943 à 1952. Un autre volcan, le Jorullo, situé à l'extrême SE du Michoacán, a eu une activité historique (1759). Tout le secteur du Michoacán peut être considéré comme une région de hauts risques volcaniques, mais où les dangers pour la vie humaine sont minimes et prévisibles étant donné le type d'éruption (Demant 1981).

3.3. Stratigraphie

Les formations les plus anciennes sont datées de la fin du Tertiaire. Ce sont les laves basaltiques à andésitiques émises au Pliocène par les cônes de laves situés essentiellement au nord de la dépression du Lerma.

Le Quaternaire couvre la quasi-totalité du Nord-Ouest du Michoacán. Il est représenté par:

- les roches ignées extrusives; ce sont les andésites des strato-volcans et cônes de laves et les laves des volcans monogéniques dont la composition évolue depuis un pôle basaltique (basique) jusqu'à des dacites (acides);
- les cendres volcaniques qui ont recouvert de grandes surfaces et en particulier les coulées de laves plus anciennes. Par exemple, le Paricutín a émis d'importantes masses de cendres dont l'épaisseur atteignait 3 m près du cône, 1 m à 500 m de celui-ci et 30 cm dans un rayon de 1 km (Segerstrom 1950);
- les sols alluviaux récents qui se sont déposés dans les bassins fluviaux de la dépression du Lerma et les sols résiduels, érodés, couvrant de petites surfaces isolées dans le Centre et le Nord de la zone d'étude;
- les tourbes et dépôts lacustres de l'ancien lac de Zacapu.

Notes

- 2 Cette valeur, donnée par l'INEGI (1985) et que j'ai pu vérifier à l'altimètre, est inférieure à celle qu'on peut trouver dans des publications plus anciennes, comme celle de Correa (1974).
- 3 Comme, par exemple, le cerro El Tecolote, situé à 1.5 km à l'ouest de Zacapu ou le cerro El Tule, à 2 km à l'ouest de El Pueblito.
- 4 On peut citer le cerro Las Palomas, à 5.5 km au nord-ouest de Cocucho, ou le cerro Las Cabras, à 1 km à l'est d'Eréndira.

II. ÉDAPHOLOGIE

Les analyses de sols utilisées dans ce travail sont issues des cartes édaphologiques au 1/50 000 de la DETENAL (actuellement, INEGI). Elles correspondent aux points de vérification sur le terrain dont les analyses sont publiées au verso de chaque carte.

La classification la plus couramment utilisée au Mexique à l'heure actuelle est celle mise au point par la FAO (Dudal 1968). Elle est employée par l'INEGI et par la Secretaría de Agricultura y de Recursos Hidráulicos (SARH, voir Maples 1974). Quelques chercheurs ont également utilisé, dans les années 60 et 70, le système américain de classification (SOIL SURVEY STAFF 1975 en étant la synthèse définitive); c'est le cas en particulier, pour le Michoacán, chez Aguilar et Aceves (1974) et Reyna *et al.* (1974). Utilisant la classification française de Duchaufour (1970, 1976 et 1977), je me suis efforcé de donner systématiquement son équivalence par rapport à la classification FAO (avec l'aide des publications de Duchaufour et du manuel de Fitzpatrick 1985, voir le tableau 1). Puig (1976) avait déjà appliqué au Mexique le système français lors de son étude phytogéographique de la Huastèque.

Les sols de chaque formation végétale étant étudiés en détail dans le chapitre correspondant à chacune d'elles, il suffit ici de les énumérer selon les principes adoptés par Duchaufour (1977), en signalant leur distribution (Fig. 3) et leurs caractères généraux, de façon à avoir une vue d'ensemble.

FAO (en espagnol)	DUCHAUFOUR (en français)
litosoles	lithosols
andosoles	andosols
feozems	sols isohumiques brunifiés tropicaux
vertisoles pélicos	vertisols
vertisoles crómicos	sols bruns eutrophes tropicaux vertiques
luvisoles vérticos	sols fersiallitiques vertiques
histosoles éútricos	sols hydromorphes organiques eutrophes
cambisoles	sols bruns eutrophes tropicaux
luvisoles crómicos	sols rouges fersiallitiques tropicaux
acrisoles	sols ferrugineux tropicaux

Tableau 1 - Correspondance, pour les sols de la zone d'étude, entre la terminologie FAO (en espagnol) et la terminologie française de Duchaufour.

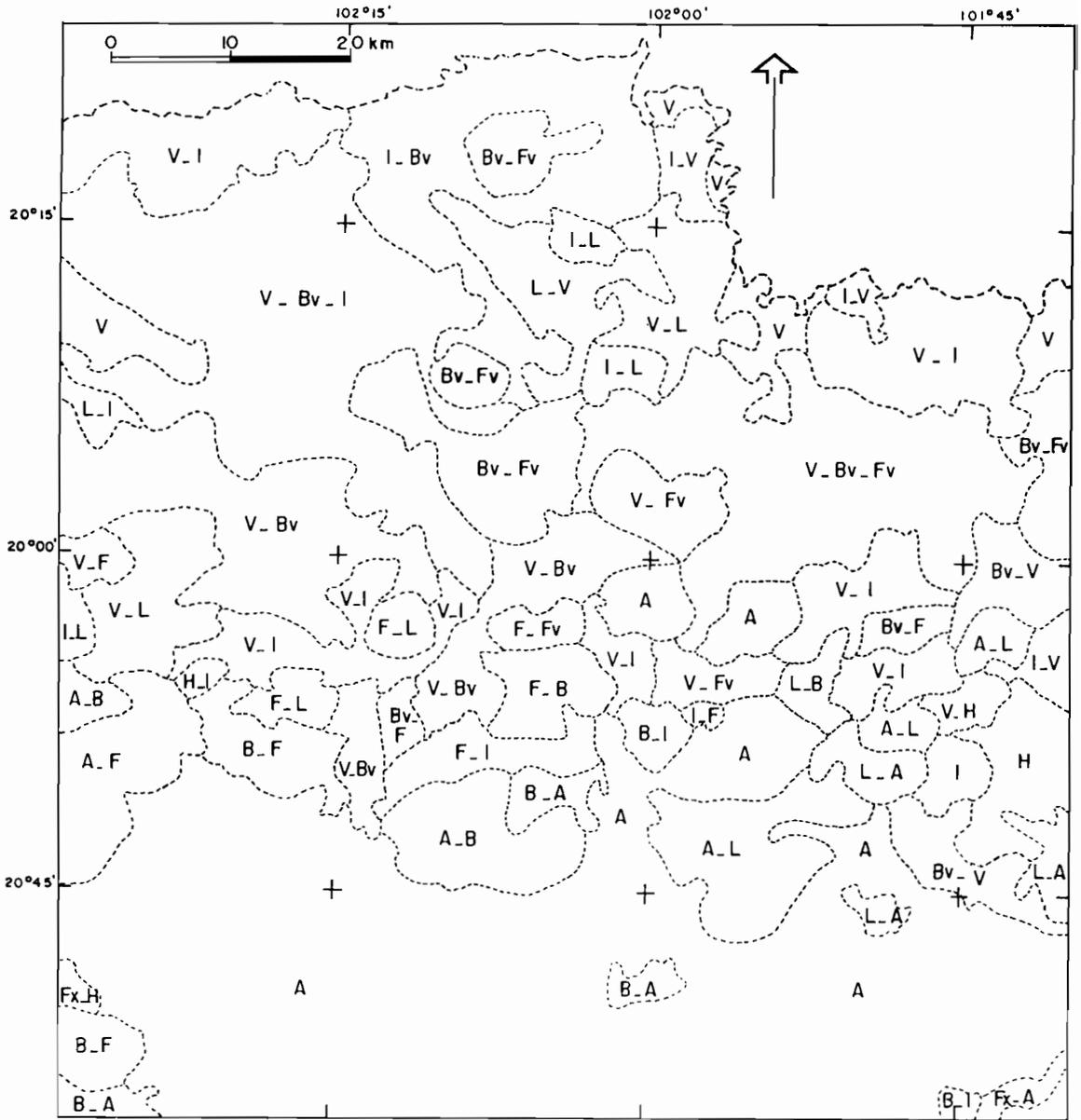


Figure 3 - Carte pédologique (le premier sol cité est dominant).

A = andosols; B = sols bruns eutrophes tropicaux; Bv = sols bruns eutrophes tropicaux vertiques; F = sols rouges fersiallitiques tropicaux; Fv = sols fersiallitiques tropicaux vertiques; Fx = sols ferrugineux tropicaux; H = sols hydromorphes organiques eutrophes; I = sols isohumiques brunifiés tropicaux; L = lithosols; V = vertisols. (D'après la carte pédologique de l'État du Michoacán, INEGI, 1985.)

1. Sols peu évolués et à profil peu différencié

Ce sont les sols à profil AC, regroupés dans plusieurs classifications, mais séparés en deux classes par Duchaufour.

1.1. Sols peu évolués: lithosols

Les sols peu évolués sont des sols très jeunes où la matière organique, à formation rapide, se superpose au matériau minéral, sans former un véritable complexe organo-minéral.

Une seule sous-classe est représentée dans le Nord-Ouest du Michoacán: les sols peu évolués d'érosion. Ce sont des lithosols car ils sont limités en profondeur (à moins de 25 cm) par une roche mère cohérente et dure. Ils constituent le premier stade de la dégradation des roches volcaniques, évoluant avec le temps vers d'autres classes de sols selon les conditions climatiques et stationnelles. Mais sur les pentes, l'évolution est freinée par l'érosion de sorte que les lithosols se maintiennent plus longtemps. Ils sont présents dans tout le Nord-Ouest du Michoacán, sur les pentes, en mosaïque avec d'autres types de sols, ou sur les coulées de lave les plus récentes (connues au Mexique sous le nom de *malpais*).

1.2. Sols à profil peu différencié: andosols

Les andosols sont étroitement liés aux épanchements de cendres volcaniques riches en éléments vitreux. Ces sols sont riches en allophanes (silicates d'alumine mal cristallisés) et produits amorphes qui résultent de l'hydratation et de l'altération rapide de ces matériaux non cristallins. Ces sols sont généralement considérés comme intrazonaux, car ils sont étroitement liés à la nature du substrat géologique. Ils caractérisent néanmoins un étage climatique bien délimité (montagnes très humides, sous toute latitude), en dehors duquel ils ont une évolution qui se superpose à l'andosolisation en formant des sols andiques intergrades (Duchaufour 1977). Les andosols au sens large couvrent la quasi-totalité de la Sierra Tarasque et quelques éminences volcaniques de la dépression du Lerma.

2. Sols à maturation humique

Ce sont des sols caractérisés par une maturation climatique poussée, liée à de forts contrastes saisonniers de l'humidité: alternance de saisons sèches longues et de saisons des pluies. Une partie des composés humiques se stabilisent, se polymérisent et prennent une couleur foncée. De plus, en relation avec ces mêmes caractères climatiques, l'évolution du complexe d'altération aboutit à la formation d'argiles gonflantes

de type montmorillonite. Enfin les sols à maturation humique ont généralement une capacité d'échange élevée et saturée par des ions bivalents Ca^{2+} et Mg^{2+} .

2.1. Sols isohumiques

Ce sont, dans la région, des sols isohumiques brunifiés tropicaux modaux ou lessivés assez riches en matière organique. En contact avec les vertisols, ils occupent les stations présentant un meilleur drainage, essentiellement sur les pentes des petites éminences volcaniques de la dépression du Lerma.

2.2. Vertisols et sols vertiques

Ces sols, de type intrazonal, se rencontrent dans des stations à mauvais drainage interne ou externe (accentuant les contrastes saisonniers), sur des matériaux riches en Ca et Mg. Ceci favorise la néoformation des argiles gonflantes et la maturation et polymérisation d'une partie de la matière organique qui se lie étroitement à ces argiles.

Le degré de vertisolisation permet d'opposer les vertisols au sens strict, caractérisés par une couleur très foncée, à des sols vertiques, plus clairs. Les vertisols au sens large sont dominants dans la dépression du Lerma, où ils occupent 70% de la superficie (INEGI 1985).

Les sols vertiques présents sont:

- les sols fersiallitiques vertiques: sols intergrades aux caractères vertiques marqués, ils sont souvent associés en mosaïque avec les vertisols et autres sols vertiques de la dépression du Lerma;
- les sols bruns eutrophes tropicaux vertiques: assez semblables aux vertisols, ils sont cependant moins évolués. En particulier les néoformations d'argiles sont moins importantes dans les milieux mieux drainés que sont les pentes sur lesquelles ils se développent. Ils sont généralement peu profonds.

3. Sols hydromorphes: tourbes eutrophes

Ils sont caractérisés par une saturation temporaire ou permanente des pores par l'eau à la suite d'un engorgement ou de la remontée de la nappe phréatique.

Les sols hydromorphes organiques eutrophes de la dépression constituée par l'ancien lac de Zacapu sont des tourbes basses caractérisées par la présence d'une nappe phréatique haute, à faibles oscillations.

4. Sols riches en sesquioxydes

Sols formés sous climat chaud (subtropical à équatorial), ils présentent une altération poussée des minéraux primaires. La matière organique reste superficielle et subit une biodégradation rapide qui s'accompagne d'une individualisation des sesquioxydes métalliques (de fer et d'aluminium essentiellement). La couleur vive (ocre vif ou rouge) de ces sols est due à la teneur élevée en oxydes de fer et à la nature du processus de rubéfaction. Sur trois types fondamentaux d'altération sous climat chaud, deux seulement se rencontrent dans le Nord-Ouest du Michoacán: la fersiallisation et la ferruginisation.

4.1. Sols fersiallitiques

La fersiallisation est la première phase d'altération sous climat chaud. Les sols fersiallitiques sont très colorés par des oxydes de fer bien individualisés. Ils ont un complexe absorbant peu désaturé à argiles dominantes riches en silices de type illites ou vermiculites (conservées) ou montmorillonites (néoformées). Ces sols sont considérés comme caractéristiques des régions présentant un climat de type méditerranéen, mais ils sont présents dans les zones à climat tropical lorsque des conditions particulières (matériaux basiques, rajeunissement par érosion ou dépôts récents, comme c'est le cas dans le Nord-Ouest du Michoacán) freinent l'évolution climatique normale. Ainsi se développent des sols bruns eutrophes et des sols rouges fersiallitiques tropicaux.

4.1.1. Sols bruns eutrophes tropicaux

Ce sont des sols proches des sols bruns tempérés, mais qui ont subi une fersiallisation atténuée comme en témoignent la libération importante de fer. Ils se localisent essentiellement dans le Nord de la Sierra Tarasque, et, au sud, uniquement dans certaines dépressions.

4.1.2. Sols rouges fersiallitiques tropicaux

Fréquents sur roches mères basiques, ils représentent un stade intermédiaire entre les sols bruns eutrophes et les sols ferrugineux. Ainsi ils se distribuent dans les zones plus chaudes et sèches, situées entre 2 000 et 2 500 m d'altitude, dans la dépression du Lerma et à l'extrême nord de la Sierra Tarasque où ils sont souvent associés aux sols bruns eutrophes et aux sols vertiques, mais également à l'ouest de la sierra, où ils sont associés à des andosols, entre 1 800 et 2 000 m d'altitude.

4.2. Sols ferrugineux

Bien que la ferruginisation constitue le modèle d'altération climatique d'une bonne partie du Nord-Ouest du Michoacán, les sols ferrugineux y sont très rares. En effet, la jeunesse du substrat géologique et son caractère souvent basique ne permettent pas une telle évolution. Ils ne sont donc cités qu'à titre indicatif, car il n'en existe qu'une petite frange au NO du lac de Pátzcuaro.

III. BIOCLIMATOLOGIE

Cette étude se fonde sur un travail antérieur (Labat 1983 et 1985). Dans cette section ne sont considérés que les caractères généraux du macroclimat et leurs variations régionales. En effet des compléments sur le mésoclimat seront apportés au niveau de l'étude de chaque groupement végétal, en particulier, pour la variabilité interannuelle de la pluviométrie; je m'en tiens donc ici à des généralités sur la méthodologie employée.

La méthode des quartiles, utilisée en statistiques non paramétriques pour décrire la dispersion d'une distribution (population), me paraît une méthode simple et efficace qui permet une visualisation graphique (elle a été employée en climatologie par Pascal 1983 entre autres). On appelle premier, deuxième (qui n'est autre que la médiane) et troisième quartiles, notés respectivement Q_1 , Q_2 et Q_3 , les valeurs qui divisent un ensemble de nombres rangés par ordre de grandeur croissante, ou décroissante, en quatre parties égales. Dans l'étude de la variabilité interannuelle des précipitations, l'étape suivante peut être la définition d'une année pluviométrique probable, correspondant aux valeurs les plus fréquentes. Cette notion a été précisée par Legris et Blasco (1969) et utilisée notamment par Blasco (1971) et, au Mexique, par Puig (1976). La pluviométrie la plus fréquente est supérieure à Q_1 , calculé sur les précipitations totales annuelles (Blasco 1971). On peut définir plus précisément la pluviométrie la plus probable mois par mois comme étant la fourchette des valeurs comprises entre Q_1 et Q_2 . Cette notion de mois et d'année pluviométriques probables peut être généralisée à d'autres facteurs climatiques comme la température, le nombre de jours de pluie et les mois secs.

1. Les facteurs du climat

Les facteurs généraux du climat dans le Nord-Ouest du Michoacán sont: la latitude, l'orographie, la juxtaposition terre-océan et la dynamique de l'air.

1.1. La latitude

La zone d'étude est située au sud du tropique du Cancer, avec les caractéristiques thermiques et d'insolation que cela implique:

- l'inclinaison (angle d'incidence) des rayons solaires étant forte, l'énergie calorifique qui arrive au sol est plus élevée en moyenne que dans les régions tempérées;
- le photopériodisme est peu marqué: le rayonnement varie peu au cours de l'année

(à 20° de latitude, la durée du jour est de 13h 3/10 au maximum et de 10h 9/10 au minimum).

Les conséquences, modulées par l'altitude, de cette position dans la zone intertropicale sont des températures moyennes élevées et des amplitudes thermiques annuelles basses, inférieures aux amplitudes moyennes nyctémérales.

1.2. L'orographie

L'orographie est, au Mexique, le principal facteur de la distribution des différents paramètres thermiques⁵. Mais l'orographie a également des effets prépondérants sur la répartition des précipitations dans les régions montagneuses (García 1965 et Mosiño 1966).

Dans la Sierra Tarasque, les phénomènes d'ascendance orographique des masses d'air humide sont responsables d'une partie des précipitations en été. En effet, l'ascendance des vents alizés provoque un refroidissement adiabatique de l'air, qui dépose sous forme de pluie son abondante humidité. Ainsi la dépression du Lerma, où seuls les courants convectifs, dus au réchauffement du sol, provoquent la formation de nuages et la chute de pluies en été, est moins arrosée que la Sierra Tarasque où les deux phénomènes sont associés.

1.3. La juxtaposition terre-océan

D'un point de vue général, la faible amplitude latitudinale du Mexique est en grande partie responsable de la stabilité du temps et des climats modérés de l'entité. Par ailleurs, baigné de chaque côté par des océans, le pays jouit de leur effet thermostatique, dû à l'abondance de vapeur d'eau à leur surface (Mosiño 1966); pourtant sur les hauts reliefs, par exemple dans le Nord-Ouest du Michoacán, l'augmentation de l'oscillation thermique diurne (très faible au niveau de la mer) résulte de la diminution de l'humidité atmosphérique avec l'altitude (Mosiño 1974).

1.4. La dynamique de l'air

Contrastant avec la relative simplicité de la dynamique de l'air sous les latitudes moyennes de l'Amérique du Nord et dans les régions équatoriales de l'Amérique du Sud, les mouvements atmosphériques au Mexique sont caractérisés par leur complexité, essentiellement due à la position intermédiaire de ce pays entre les moyennes et basses latitudes. Le phénomène le plus important de la circulation atmosphérique est le déplacement latitudinal, au cours de l'année, de la zone intertropicale de convergence, suivant les mouvements de l'équateur thermique: c'est ce déplacement qui est responsable des variations annuelles des précipitations.

Pendant l'été et le début de l'automne (de juin à septembre), les alizés chauds et humides, plus précisément des vents d'Est qui, à haute altitude atmosphérique, se substituent aux alizés superficiels du Nord-Est (Mosiño 1959 et 1966), envahissent les terres hautes du Mexique. Cette masse d'air humide soumise aux ascensions convectives et/ou orographiques provoquent de fortes pluies estivales. Les convections locales sont très importantes dans tout le Centre-Ouest du Mexique, la fréquence des orages y est élevée (plus de 70 jours d'orage par an selon Vivo Escoto 1964).

À la fin de l'été et au début de l'automne (d'août à octobre, avec un maximum en septembre), les cyclones tropicaux affectent les côtes pacifique et atlantique du Mexique: sur la façade occidentale, des tourbillons se développent autour d'aires de basses pressions atmosphériques localisées au-dessus de l'océan Pacifique; ces cyclones suivent une trajectoire parallèle à la côte ouest où ils provoquent des dégâts considérables. Vers l'intérieur des terres, ils sont responsables de fortes précipitations qui, au Michoacán, atteignent seulement le versant sud de l'axe néovolcanique.

Durant toute la saison sèche de l'hiver et du printemps (de décembre à mai), le Mexique est situé dans la zone de "calme subtropical" (Vivo Escoto 1964) de la ceinture de haute pression atmosphérique qui se trouve au-dessus des océans entre 23° et 35° de latitude nord.

Les grandes masses d'air froid venant de l'Amérique du Nord perturbent la saison sèche en pénétrant sur le Mexique où elles sont appelées *nortes*. Cette descente d'air froid provoque une baisse brutale des températures (selon Hill 1969, le passage du front froid provoque en quelques heures un refroidissement de 5° et plus) et, le long de la zone de contact avec les masses d'air chaud tropicales, il se produit un front accompagné d'une large zone nuageuse et, souvent, de précipitations.

2. Documents et sources utilisés

Pour cette étude, j'ai pu avoir accès aux fiches de données climatiques mensuelles élaborées par les services de la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, SARH, qui les publient depuis 1971.

Dans la zone d'étude (ou dans sa proximité immédiate), il existe seulement 11 stations météorologiques⁶ où les mesures sont assez anciennes et régulières (plus de 10 années d'observations depuis 1943) pour pouvoir être utilisées. Voici les données mensuelles qui sont disponibles:

- la pluviométrie (P);
- le nombre de jours de pluie (N_{jp});
- la température moyenne (T_m);
- les températures maximales et minimales extrêmes;
- la direction et la force moyennes du vent.

Les mesures d'évaporation sont irrégulières et souvent trop récentes pour pouvoir être utilisées. Quant au paramètre, fort intéressant, du nombre de jours de gelée, il n'est malheureusement pas fiable⁷.

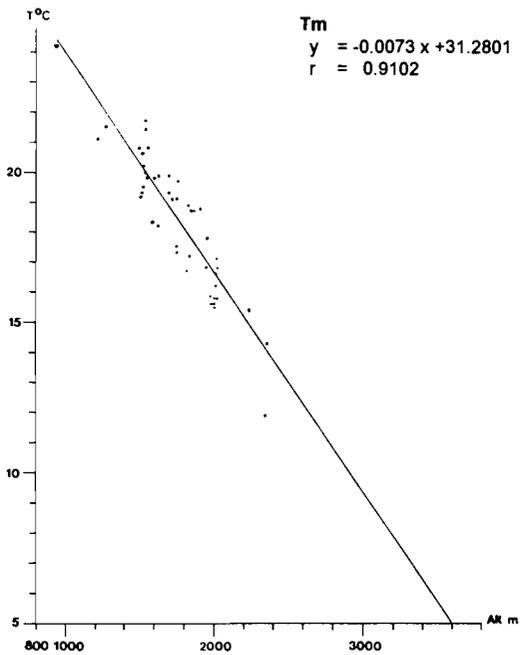


Figure 4 - Gradient thermique annuel moyen.

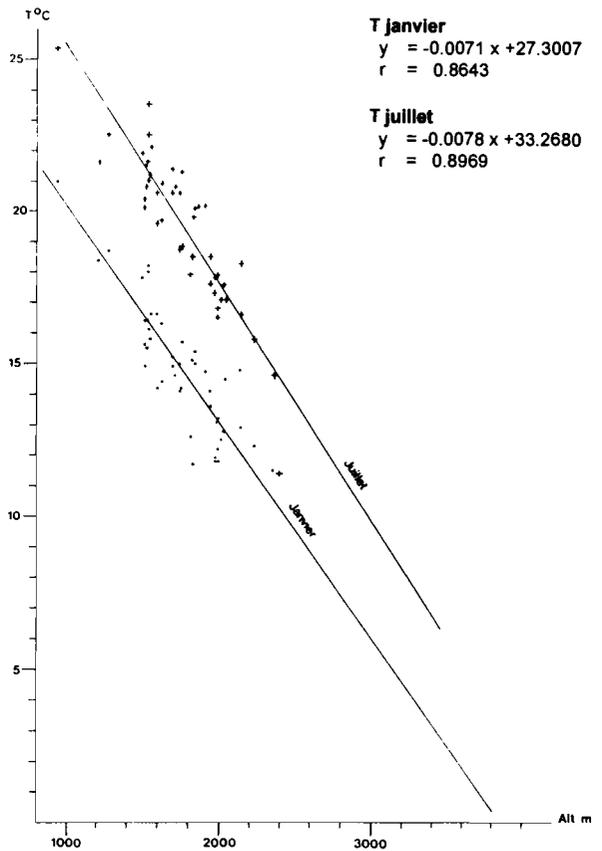


Figure 5 - Gradients thermiques de juillet et de janvier.

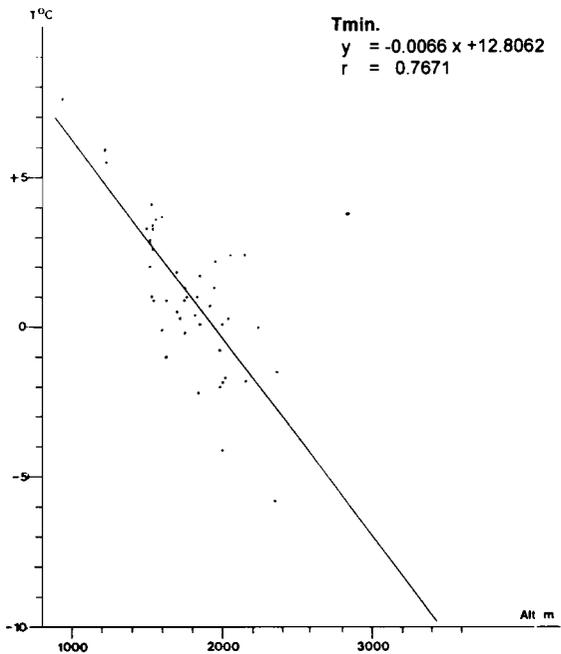


Figure 6 - Gradient thermique de la moyenne annuelle des températures minimales extrêmes.

Ces stations sont inégalement réparties: elles sont nombreuses au-dessous de 2 000 m mais très rares au-dessus, en particulier dans la Sierra Tarasque.

3. Les paramètres thermiques

Le facteur de base qui détermine le régime thermique dans le Nord-Ouest du Michoacán est sa position géographique au sud du tropique du Cancer. Mais les variations importantes des paramètres thermiques sont en relation étroite avec l'orographie.

3.1. Les gradients thermiques altitudinaux

Le réseau des stations climatiques n'est pas assez serré dans le Nord-Ouest du Michoacán pour permettre le calcul des gradients thermiques. Toutefois la prise en compte des stations situées entre 19°30'N et entre 20°30'N en latitude et 103°10' et 101° en longitude (au nombre de 46) a rendu possible le calcul des gradients⁸. Par souci d'homogénéisation et de cohérence des données, seules les années 1971 à 1981, publiées par la SARH (Servicio Meteorológico Nacional 1971-1982), ont été retenues.

Le gradient thermique altitudinal annuel (Fig. 4) est en moyenne de 0.73°C pour 100 m. Ce gradient a une valeur proche de celle calculée dans le versant sous le vent de la Sierra Madre Oriental, entre 25°30'N et 23°27'N et qui est de 0.8°C (Robert 1973) ou dans le Centre de l'État de Chihuahua et le versant oriental de la Sierra Madre Occidental et qui est de 0.7°C (Passini 1982). Par contre, elle est plus élevée que celles obtenues au sud du tropique du Cancer: 0.5°C (Robert 1973) dans le versant ouest de la Sierra Madre Oriental, entre 22°36'N et 21°20'N; ou encore entre 0.64° et 0.43°C dans l'État de San Luis Potosí (Rzedowski 1966) et dans la Huastèque (Puig 1976).

La différence entre les gradients thermiques de janvier —0.71°C pour 100 m— et de juillet —0.78°C (Fig. 5)— est beaucoup moins forte que celles obtenues par les chercheurs suivants: Passini (1982) au Chihuahua (0.7° et 0.9°C respectivement); Lauer (1973), qui a calculé dans la région de Puebla-Tlaxcala des gradients de 0.3° (janvier) et 0.5°C (juillet); Puig (1976), qui va de 0.3° à 0.4°C en saison sèche et de 0.6° à 0.8°C en saison des pluies dans la Huastèque.

Ainsi, la diminution moyenne des températures (annuelle et des mois de janvier et juillet) pour une élévation de 100 m paraît plus élevée dans la partie occidentale du Centre et Nord du Mexique que dans toute la partie orientale.

Il faut remarquer que les coefficients de corrélation "r" (Figs. 4 et 5), compris entre 0.91 et 0.86, sont plus faibles que ceux obtenus par Lauer (1973), pour qui ils sont compris entre 0.9 et 0.97. Ces corrélations assez basses entre la droite de régression et les valeurs observées des températures peuvent s'expliquer par une diminution moins régulière des températures avec l'altitude (alt.) (et plus influencée par d'autres facteurs

comme, essentiellement, la position topographique ou l'exposition) dans le Nord-Ouest du Michoacán que dans la région de Puebla-Tlaxcala.

La corrélation est encore plus faible ($r = 0.77$, Fig. 6), pour la moyenne des températures minimales extrêmes annuelles, généralement enregistrées en janvier, parfois en décembre⁹. Ces mauvais ajustements linéaires entre les basses températures (moyenne du mois le plus froid et des minima extrêmes annuels) et l'altitude sont à mettre en relation avec l'arrivée, en saison sèche, des masses d'air froid (*nortes*) sur le Mexique qui provoquent une baisse des températures comparativement plus conséquente à basse et moyenne altitude qu'à haute altitude. Ce phénomène explique également, en partie, les valeurs plus faibles du gradient thermique en hiver qu'en été d'une part, et des températures maximales extrêmes (gradient de 0.66°C pour 100 m, Fig. 6) par rapport aux températures moyennes mensuelles d'autre part. Ce dernier résultat est du même ordre que celui obtenu par Passini (1982).

3.2. Les variations géographiques

Les températures ne diminuent pas toujours régulièrement quand l'altitude augmente. Ainsi, certes, la température du mois le plus froid (tf) est la plus forte à Los Reyes (1 280 m, station la plus basse) avec 18°C . Par contre, pour les températures moyennes annuelles et les moyennes du mois le plus chaud (tc), les mesures les plus élevées sont de 24.5° et 20.5°C respectivement et sont enregistrées dans la dépression du Lerma entre 1 500 et 1 600 m (Tab. 2). À basse altitude (inférieure à 1 600 m), le Nord de la zone d'étude est caractérisé par des paramètres thermiques hivernaux plus froids que le Sud-Ouest à altitude comparable et même inférieure. Mais, inversement, et de façon plus accentuée, à la fin de la saison sèche et pendant la saison des pluies, les températures sont plus élevées au nord. Ainsi, les températures moyennes annuelles sont, à basse altitude, plus faibles au Sud-Ouest de la Sierra Tarasque que dans la dépression du Lerma.

Dans la Sierra Tarasque, les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 16°C à 2 000 m. On peut raisonnablement estimer que sur les parties plus hautes, entre 2 500 et 3 000 m, ces températures doivent descendre à 13° et jusqu'à 9°C .

3.3. Les variations annuelles

L'amplitude thermique annuelle (Dt_a) (différence entre la température du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid) est comprise entre 4.9° et 9.4°C (Tab. 2), ce qui confirme les résultats obtenus par Maull (1936) et ceux, plus précis, de Mosiño et García (1973).

L'amplitude passe par un minimum à basse altitude, à l'Ouest de la Sierra Tarasque (Los Reyes avec 4.9°C), et par un maximum au nord de la dépression du Lerma (La Piedad avec 9.4°C). En dehors de ces extrêmes, l'amplitude thermique annuelle est

Stations	alt. en m	Tm °C	tf °C	tc °C	Dta °C	Dtj °C	Dtj max °C	Mois	Dtj min °C	Mois
Los Reyes	1 280	20.2	18.0	22.9	4.9	13.4	17.2	03	10.0	07
Angamacutiro	1 500	20.4	16.2	24.5	8.3	16.1	19.5	03	12.0	09
Zamora	1 540	20.6	16.4	24.0	7.6	18.9	21.1	03	16.2	09
Ixtlán	1 560	20.5	16.5	24.0	7.5	14.9	18.2	03	11.0	09
P. Guaracha	1 600	18.4	14.4	22.0	7.6	15.9	19.2	04	11.8	07
La Piedad	1 700	20.1	15.2	24.6	9.4	17.1	19.5	04	14.1	09
Tangancicuaro	1 700	17.7	13.7	20.9	7.2	19.1	23.6	03	12.9	07
Panindícuaro	1 820	17.6	13.8	21.3	7.5	16.0	19.2	03	11.9	07
Zacapu	1 980	16.4	12.8	20.0	7.2	17.4	21.1	02	13.0	07 09
Purépero	2 020	15.8	12.4	19.0	6.6					
Pátzcuaro	2 043	16.4	12.8	18.6	6.4					

Tableau 2 - Paramètres thermiques (le mois le plus chaud est toujours mai, le mois le plus froid janvier sauf à La Piedad où c'est décembre).

assez uniforme dans toute la zone d'étude, avec des valeurs voisines de 7°C. Mosiño et García (1973), dans leur carte de l'amplitude thermique au Mexique, situent le Nord-Ouest du Michoacán entre les courbes de 6° et 8°C.

Les températures mensuelles maximales précèdent toujours le début de la saison des pluies, en mai, rarement en juin. Les températures diminuent pendant la saison des pluies pour atteindre leur minimum au mois de janvier ou, quelquefois, en décembre (Fig. 7).

3.4. Les variations journalières (Dt_j)

A défaut des valeurs quotidiennes des températures, l'amplitude thermique extrême (différence entre la moyenne des températures maximales et celle des températures minimales) donne une valeur approchée (légèrement surestimée) de l'amplitude thermique journalière.

Les amplitudes thermiques extrêmes mensuelles sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies, le maximum étant en mars ou en avril (rarement en février) et le minimum en juillet ou septembre (Tab. 2). La moyenne annuelle varie entre 15° et 19°C.

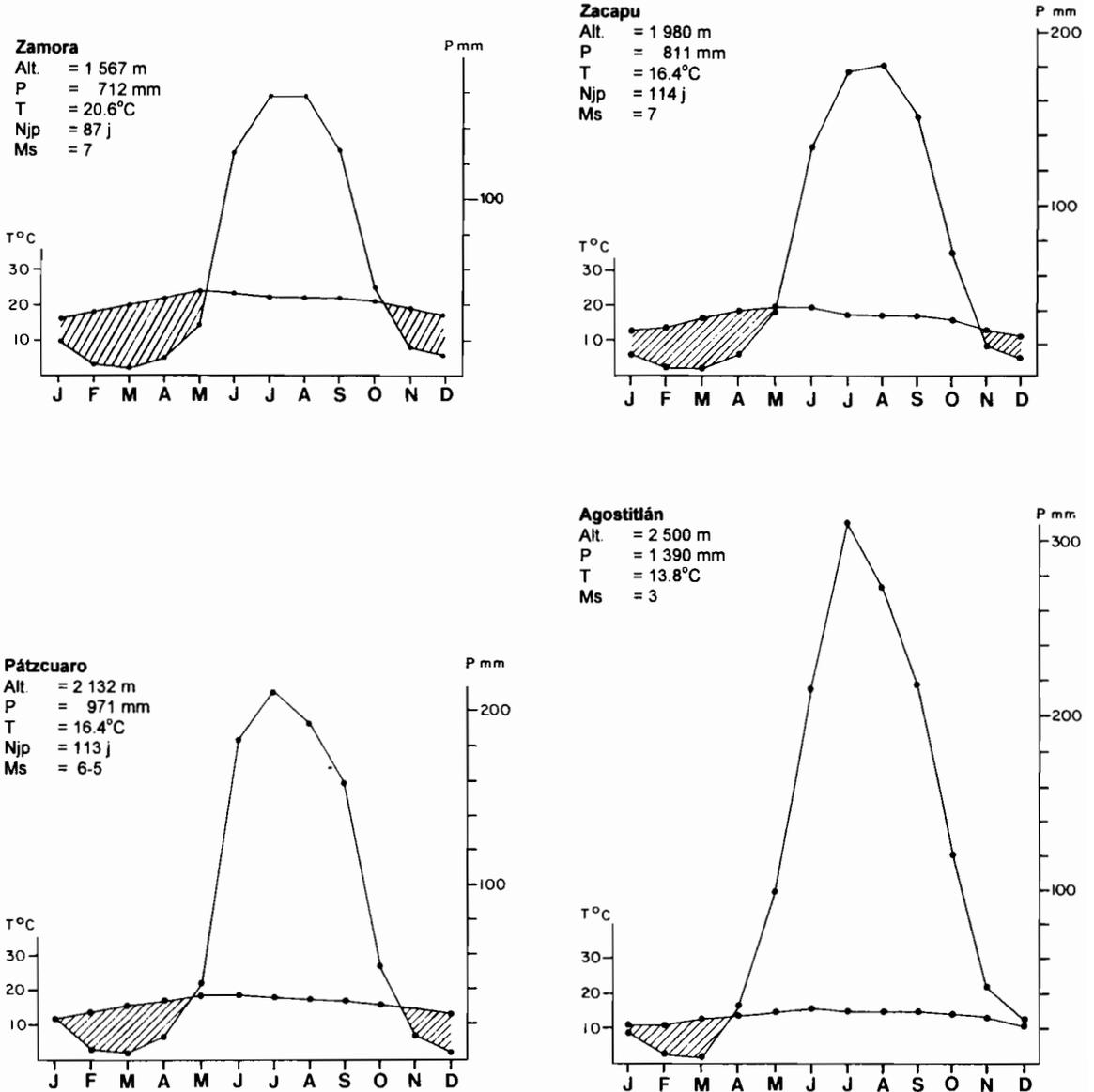


Figure 7 - Diagrammes ombrothermiques.

4. La pluviométrie

4.1. Pluviométrie moyenne annuelle

Elle augmente avec l'altitude. Dans la dépression du Lerma et sur les contreforts nord et ouest de la Sierra Tarasque, les précipitations varient de 700 à 1 000 mm par an en moyenne, tandis que le centre de la sierra est plus arrosé, avec plus de 1 000 mm de pluies par an. L'absence de station climatique dans la Sierra Tarasque rend difficile l'étude précise des précipitations, mais Reyna (1974) et Labat (1985) considèrent qu'elles ne dépassent pas 1 400 mm par an: des valeurs supérieures ne sont enregistrées que sur le versant sud, sous le vent, dans la zone d'Uruapan (station la plus arrosée du Michoacán, avec 1 630 mm par an en moyenne).

4.2. Répartition des précipitations au cours de l'année

Les diagrammes ombrothermiques (Fig. 7 et définition à la section 6.1.1. de ce même chapitre) mettent en évidence la répartition moyenne des précipitations au cours de l'année.

D'un point de vue général, on peut retenir le caractère tropical du régime ombrique; l'année est séparée en deux saisons: une saison humide, où les précipitations tombent avec violence, correspond aux mois chauds et aux jours longs; elle s'oppose à une saison sèche des mois froids et des jours courts. L'importance relative de ces deux saisons sera étudiée dans la section suivante.

La courbe ombrique présente un ou deux maxima, le premier en juillet (rarement en août) et, dans certains cas, le second en septembre: seules les stations confinées au Sud-Ouest de la Sierra Tarasque présentent une courbe avec deux maxima.

Le premier maximum, au mois de juillet, correspond à un renforcement des alizés, lié à la remontée vers le nord de l'équateur thermique. Le deuxième, au mois de septembre, résulte d'une grande instabilité des masses d'air (orages) et, surtout, du passage des cyclones tropicaux qui renforcent le flux continu des alizés humides. Ces perturbations cycloniques sont généralement arrêtées par le versant sud de la Sierra Tarasque, d'où la présence seulement à Los Reyes, au Sud-Ouest de la sierra, de ce deuxième maximum.

5. La saison sèche

J'utilise la définition de la sécheresse de Bagnouls et Gaussen (1953): un mois est sec (Ms) lorsque les précipitations exprimées en millimètres sont inférieures au double de la température exprimée en °C ($P < 2T$). Grâce au diagramme ombrothermique, les mois secs apparaissent clairement (Fig. 7). Cette méthode a de nombreux avantages: simplicité, facilité de réalisation à partir de données élémentaires, visualisation immé-

diate de la durée de la saison sèche et de la répartition des pluies, utilisation courante dans le monde entier et signification écologique précise.

Dans la dépression du Lerma, à moins de 2 000 m d'altitude, la saison sèche dure 7 mois, de novembre à mai. Malgré l'absence de stations climatiques au-dessus de 2 000 m, on peut raisonnablement penser que la période sèche est toujours de 7 mois, comme au Nord-Est de la sierra, dans la région de Zacapu (Fig. 7). À part cette dernière zone, plus sèche, la Sierra Tarasque est caractérisée par une saison sèche de 6 mois (décembre à mai). Encore plus courte au-dessus de 2 500 m, elle ne doit pas y dépasser 3 mois (janvier à mars) comme c'est le cas à Agostitlán, au Nord-Est de l'État du Michoacán (Labat 1985).

6. Les bioclimats

Une classification bioclimatique s'appuie sur les caractères plus directement liés aux végétaux. Elle permet de mieux comprendre la répartition de la végétation tout en facilitant la comparaison entre climats de différentes régions.

6.1. Méthode et définitions

Divers auteurs ont proposé des formules pour classer les bioclimats. Au Mexique, la classification de Köppen, modifiée et adaptée par García (1973), est très répandue; en particulier la DETENAL (1980) a élaboré et publié les cartes climatiques du Mexique au 1/1 000 000, et Reyna (1971) a réalisé une étude climatique de la Sierra Tarasque *lato sensu*. Reyna (1975) donne une évaluation préliminaire des relations entre climat et végétation dans cette même zone, mais cette classification est difficilement utilisable dans une étude écologique.

J'ai opté pour la classification de Gaussen, déjà employée au Mexique par Puig (1976 et 1979): fondée sur le rythme de la température et des précipitations au cours de l'année, en en considérant les moyennes mensuelles, elle a l'avantage de tenir compte des états favorables et défavorables pour la végétation que sont les périodes chaudes ou froides, sèches ou humides.

6.1.1. Définitions

Une courbe thermique relie les points représentatifs des valeurs de la moyenne mensuelle des températures exprimées en °C. Une courbe ombrique relie les points représentatifs de la hauteur d'eau moyenne mensuelle en mm. Comme nous l'avons déjà signalé, un mois est sec lorsque $P < 2T$.

Un diagramme ombrothermique est un graphique où l'on porte, en abscisse les mois de l'année, et en ordonnée, à droite les précipitations en mm et à gauche les tempéra-

tures en °C à une échelle double de celle des précipitations. Ainsi lorsque la courbe ombrique passe sous la courbe thermique ($P < 2T$), la surface de croisement indique la durée et, dans une certaine mesure, l'intensité de la saison sèche. Plusieurs auteurs, dont Rzedowski (1978) et Passini (1982), ont utilisé ces diagrammes au Mexique.

6.1.2. Les critères de la classification

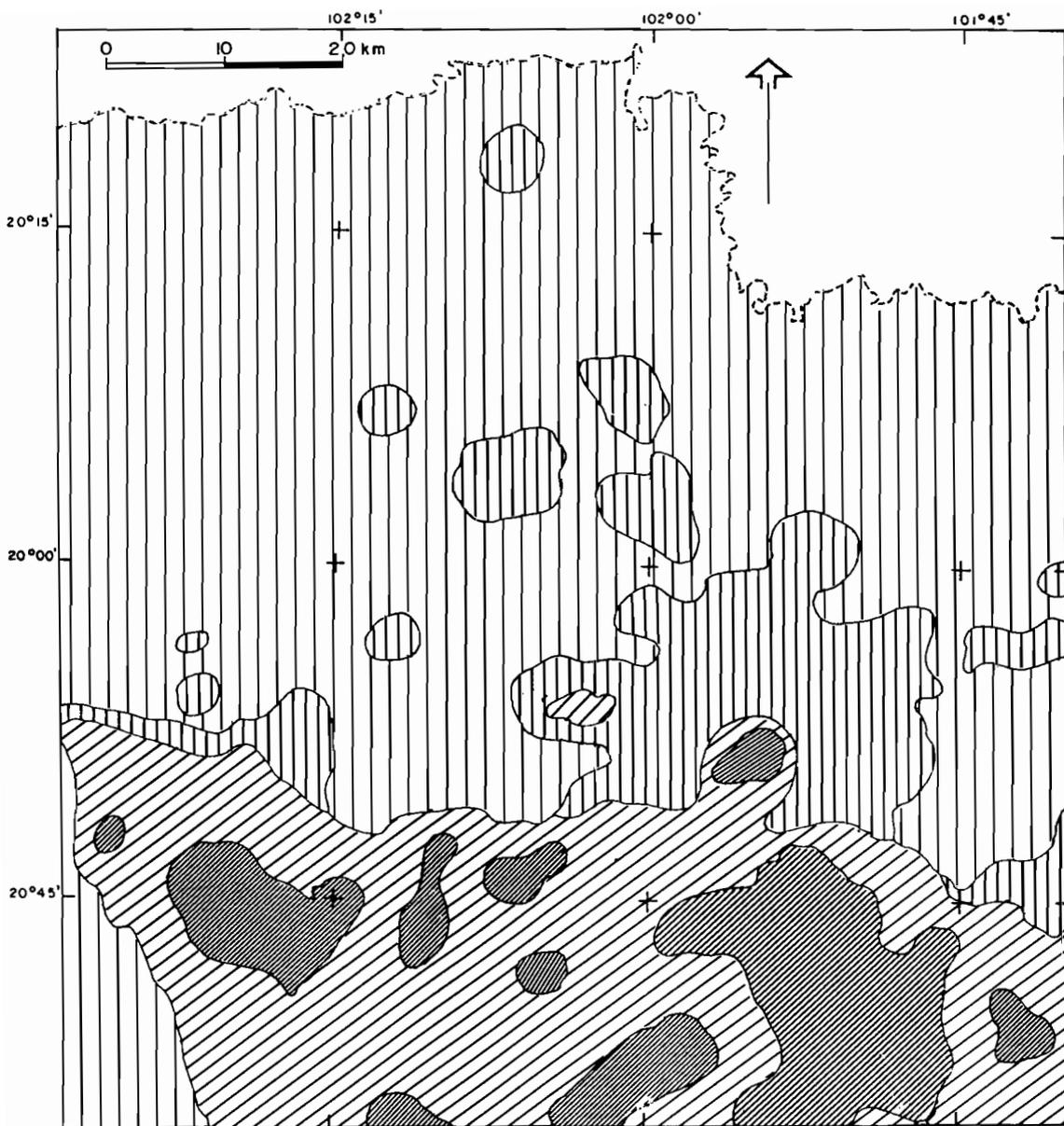
Température, précipitations et saison sèche étant des traits particulièrement importants pour la végétation, les trois facteurs suivant ont été retenus:

- température moyenne du mois le plus froid (tf): elle a bien souvent une plus grande signification écologique que la température moyenne annuelle. En effet, dans la plupart des pays tropicaux, où la saison fraîche coïncide avec la saison sèche, une température plus basse diminue l'évaporation et permet une condensation atmosphérique plus importante, qui a des effets marqués sur la végétation. Mais, par ailleurs, à haute et moyenne altitude dans la zone intertropicale (comme à basse altitude dans les régions froides et tempérées), les basses températures peuvent constituer un facteur limitant pour la végétation et, en tout cas, pour la flore;
- précipitations annuelles moyennes (P): cette donnée présente l'avantage d'être toujours disponible; cependant elle est incomplète car l'efficacité des pluies dépend de leur répartition (considérée par le biais de la durée de la saison sèche) et de leur intensité (ce facteur sera estimé par le nombre de jours de pluie). La hauteur moyenne des pluies occulte le facteur, qui peut être important, de la variabilité interannuelle des précipitations (envisagée lors de l'étude de chaque groupement);
- sécheresse (MS): la durée moyenne annuelle de la saison sèche est un élément important au Michoacán en général. Par sa durée et son intensité, elle constitue un des principaux facteurs limitants de la végétation.

Les bioclimats cartographiés résultent de la combinaison de ces trois facteurs (Fig. 8). Ces derniers ne sont pas indépendants, ils sont liés entre eux par des relations physiques qui font que la variation d'un des facteurs entraîne celle de tous ceux qui lui sont liés. Ainsi, par exemple, de fortes précipitations atténuent l'impact de températures élevées sur l'évaporation, et, de plus, augmentent la quantité d'eau disponible pour la plante, lui permettant de satisfaire ses besoins. Suivant les stations, ces trois facteurs ont une importance relative différente, l'un d'entre eux étant plus limitant que les autres pour la végétation.

6.1.3. Dénomination et classes utilisées

Les caractéristiques, tant thermiques qu'ombriques, des climats du Nord-Ouest du Michoacán mettent en évidence leur nature tropicale. En effet, même si la température du mois le plus froid peut atteindre 7°C et les gelées peuvent être fréquentes, l'ampli-



	$13 < tf < 17$	$10 < tf < 13$	$tf < 10$
$P > 1\ 000$		1 	2 
$700 < P < 1\ 000$	3 	4 	

Figure 8 - Carte bioclimatique.

1 = climat tropical montagnard assez frais, subhumide, à saison sèche moyenne; 2 = climat tropical montagnard frais, subhumide, à saison sèche de moyenne à courte; 3 = climat tropical assez chaud, subsec, à saison sèche longue; 4 = climat tropical montagnard assez frais, subsec, à saison sèche longue.

tude thermique annuelle reste toujours inférieure à 10°C alors que l'amplitude journalière dépasse 14° à 15°C. Il est donc préférable, pour les climats frais d'altitude, d'utiliser le terme de tropical montagnard plutôt que celui de tempéré. Le régime ombrique est, lui, clairement tropical, en relation avec le déplacement de la zone intertropicale de convergence.

Compte alors tenu de l'importance des températures minima pour la végétation, la classification s'appuie en premier lieu sur la valeur de "tf" (en opposant les climats tropicaux et tropicaux montagnards), puis sur les tranches de précipitations et enfin sur la longueur de la saison sèche. Les limites des classes pour chaque facteur n'ont pas été prises au hasard, mais choisies en fonction de la répartition des types de végétation afin de ne pas créer de classes qui n'auraient aucune signification écologique. Leurs qualificatifs ont été harmonisés avec ceux utilisés par Puig (1976) pour la Huastèque.

Les classes utilisées sont:

- pour les températures:

13°C < tf < 17°C: assez chaud,

10°C < tf < 13°C: assez frais,

tf < 10°C: frais;

- pour les précipitations:

700 < P < 1 000 mm: subsec,

1 000 < P < (x mm): subhumide;

- pour la saison sèche:

MS = 7 mois: longue,

MS = 6 mois: moyenne à courte.

Les stations citées comme exemples correspondent aux diagrammes ombrothermiques de la figure 7.

6.2. Les bioclimats du Nord-Ouest du Michoacán

- Climat tropical assez chaud, subsec, à saison sèche longue: de moyenne altitude (1 500 à 2 000 m), de la dépression du Lerma et de la Sierra Tarasque. Ex: Zamora.
- Climats tropicaux montagnards
 - assez frais:
 - * subsec à saison sèche longue: du Nord-Ouest de la Sierra Tarasque, zone de Zacapu-Purépero, et des éminences topographiques, situées au-dessus de 2 000 m

- d'altitude, de la dépression du Lerma. Ex: Zacapu;
 * subhumide à saison sèche moyenne: du Centre, Sud et Est de la Sierra Tarasque entre 2 000 et 2 500 m (approximativement). Ex: Pátzcuaro;
 – frais: subhumide à saison sèche de moyenne à courte: des massifs montagneux de la Sierra Tarasque, au-dessus de 2 500 m. Ex: Agostitlán.

Notes

- 5 D'où la distinction classique entre *tierra caliente* au-dessous de 1 000 m, *tierra templada* entre 1 000 et 2 000 m et *tierra fría* au-dessus de 2 000 m.
- 6 Liste et coordonnées des stations météorologiques:
 Angamacutiro: Lat. 20°09'N, Long. 101°43'O, Alt. 1 500 m.
 Guaracha (Presa): Lat. 19°58'N, Long. 102°35'O, Alt. 1 570 m.
 Ixtlán: Lat. 20°12'N, Long. 102°23'O, Alt. 1 560 m.
 La Piedad: Lat. 20°22'N, Long. 102°02'O, Alt. 1 700 m.
 Los Reyes: Lat. 19°35'N, Long. 102°29'O, Alt. 1 280 m.
 Panindícuaro: Lat. 19°59'N, Long. 101°46'O, Alt. 1 640 m.
 Pátzcuaro: Lat. 19°30'N, Long. 101°36'O, Alt. 2 130 m.
 Purépero: Lat. 19°55'N, Long. 102°03'O, Alt. 1 850 m.
 Tangancícuaro: Lat. 19°53'N, Long. 102°13'O, Alt. 1 700 m.
 Zacapu: Lat. 19°49'N, Long. 101°47'O, Alt. 1 980 m.
 Zamora: Lat. 20°00'N, Long. 102°17'O, Alt. 1 540 m.
- 7 En effet, on rencontre très souvent (dans presque toutes les stations, et pour de nombreuses années) le cas d'un mois qui, avec une température minimale extrême supérieure à zéro (pouvant aller jusqu'à +5°C), est affecté de plusieurs jours de gelées. N'ayant pu obtenir d'explications satisfaisantes auprès des services concernés, il me paraît impossible de considérer ce paramètre, d'autant plus qu'une étude fine des gelées et surtout de leur intensité serait nécessaire.
- 8 Liste des stations utilisées pour le calcul des gradients thermiques:
 ÉTAT DE GUANAJUATO: Abasolo, Cerano, Valle de Santiago.
 ÉTAT DE JALISCO: Atequiza (Chapala), Calera, El Fuerte, Jamay, Manuel M. Diéguez, Mazamitla, Poncitlán, Quitupan, Valle de Juárez.
 ÉTAT DU MICHOACÁN: Angamacutiro, Camécuaro, Carapan, Casa Blanca, Chaparaco, Charapan, Cointzio, Copándaro, A. Los Corrales, Cotija, Cumuato, El Salto, Huaniqueo, Ixtlán, Jesús del Monte, La Estanzuela, La Piedad C., Los Limones, Los Reyes, Morelia, Panindícuaro, Pátzcuaro, Presa Guaracha, Puente San Isidro, Purépero, Puruándiro, San Miguel del Monte, Santiago Undameo, Tanhuato, Urepetiro, Yurécuaro, Zacapu, Zamora.
- 9 Les problèmes de fiabilité des données relatives aux gelées (voir note 7) pourraient également s'appliquer à la mesure des températures minimales extrêmes et, dans ce cas, expliquer en partie la faiblesse de cette corrélation.

IV. INFLUENCE DE L'HOMME

Le Nord-Ouest du Michoacán est une zone fortement peuplée depuis les temps préhistoriques en raison de ses potentialités agricoles et sylvicoles. Les Purépechas, groupe indigène peuplant actuellement la Sierra Tarasque, descendent des Tarasques dont l'empire constituait une des plus grandes puissances mésoaméricaines à l'arrivée des Espagnols.

1. Histoire des populations humaines

1.1. Les premiers peuplements

Les premières migrations de l'homme, de l'Asie vers l'Amérique par le détroit de Behring, remontent au moins à 20 000 ans avant J.-C. Jusqu'à la fin du Pléistocène, lors de la dernière période glaciaire, des groupes nomades de chasseurs-cueilleurs peuplent le Mexique. La faune de cette période est caractérisée par la présence de grands mammifères tels que mammoths, chevaux, bisons, etc., dont on retrouve fréquemment des ossements. Des restes fossiles ont été rencontrés au nord du Michoacán: mammoth dans le bassin du lac de Cuitzeo, bisons et grands cervidés dans le bassin du lac de Chapala.

À l'Holocène, au début de la période interglaciaire (ou postglaciaire), les changements intervenus dans le milieu naturel (réchauffement du climat et extinction du gibier que constituent les grands mammifères) ont obligé les sociétés humaines à s'adapter à ces nouvelles conditions de vie: elles ont commencé à se sédentariser. MacNeish *et al.* (1967) ont montré que c'est dans le Sud du Mexique, vers 5000 avant J.-C., que des groupes de chasseurs-cueilleurs commencent à cultiver le maïs, les haricots, les courges et les piments. Dans une synthèse récente concernant la Vallée de Mexico (proche de notre zone, par la distance mais aussi par la nature de son milieu naturel), Niederberger (1987) met en évidence une sédentarisation pré- ou proto-agricole de groupes humains à partir de 6000 à 8000 avant J.-C. De plus, elle indique l'importance croissante, à partir de cette date, des activités agricoles jusqu'à l'avènement d'une agriculture totalement implantée entre 1700 et 1300 avant J.-C. À la même date, les premiers signes paléoécologiques de la culture du maïs sont identifiés dans les sédiments du lac de Pátzcuaro. Dans la séquence stratigraphique étudiée par Watts et Bradbury (1982), les premiers pollens de *Zea* apparaissent, en même temps que l'augmentation de la fréquence des pollens du complexe chénopode-amarante, vers 3500 AP (avant le présent). Ces derniers auteurs soulignent une discontinuité dans le même profil pollinique vers 5000 AP; il s'agit d'une diminution de l'abondance du pollen d'*Alnus* qui pourrait témoigner,

selon Watts et Bradbury (1982), soit d'une déforestation massive pratiquée par l'homme à des fins agricoles, soit d'une tendance plus sèche du climat.

1.2. Les Tarasques

Les études archéologiques menées par l'équipe de chercheurs du CEMCA dans le Nord-Ouest du Michoacán permettent de situer les débuts d'une occupation continue au Préclassique tardif (de 0 à 100 de notre ère); les premiers indices apparaissent sur les rives de l'ancien lac de Zacapu (CEMCA 1986b). La densité des sites archéologiques est également élevée dans la dépression du Lerma et sur le versant nord de la Sierra Tarasque (zone de Zacapu jusqu'à Penjamillo et zone du cerro de Zináparo) mais l'occupation prétarasque commence au Classique moyen (500 de notre ère). En tout état de cause, il semble que la majorité des sites ait été occupée au Postclassique. Une partie d'entre eux l'était encore à l'arrivée des Espagnols.

Cette dernière occupation correspond au développement et à l'apogée de l'entité tarasque. À partir de 1063 (selon la mythologie indigène), l'Occident du Mexique voit se développer la nation tarasque (Chadwik 1971a et 1971b). Dans le Nord de la sierra (entre Purépero et Comanja, sur une quinzaine de km de large), Migeon (1984) signale plus de cent sites composés de structures architecturales (maisons, temples, pyramides...). Ils sont situés à une altitude comprise entre 2 100 et 2 300 m, sur les versants des volcans et dans les secteurs de malpaís (coulée de lave récente) dans les forêts mésophiles de pins ou de chênes. Le malpaís de Zacapu (d'une superficie estimée à 50 km²) accueille une très importante concentration de vestiges archéologiques: 4 sites totalisent près d'une dizaine de km² de terrain construit. Les milliers de structures résidentielles recensées montrent que la population a pu avoisiner 20 000 habitants pour cette seule zone (CEMCA 1986a). Vestige d'une des plus grandes villes tarasques, le site d'El Palacio, situé à 0.5 km au Nord-Ouest de Zacapu, semble être le lieu mythique de l'origine des Tarasques selon la *Relación de Michoacán* (Migeon 1984).

La dépression du Lerma (où la densité des sites est plus faible que sur le versant nord de la sierra) constituait une zone de contact entre l'empire tarasque et les populations nomades du Centre-Nord du Mexique, Chichimèques en particulier, comme en témoignent les peintures rupestres rencontrées dans le centre de la dépression. La zone du cerro de Zináparo abrite de grands gisements d'obsidienne qui ont donné lieu à une intense exploitation à partir de 800 de notre ère, tout en étant certainement déjà fréquentés à une date beaucoup plus ancienne.

L'extension de l'empire tarasque est différemment définie selon les sources historiques. Commons (1970), réalisant une synthèse sur ce sujet, considère qu'il incluait tout l'État actuel du Michoacán, à l'exception de la côte pacifique. Vers le nord, il devait s'étendre à la partie sud des États de Jalisco et de Guanajuato et devait être limité par les frontières actuelles des États de Mexico, à l'Est, et de Colima, à l'Ouest. En fait, ces limites fluctuaient au gré des guerres et conquêtes qui opposèrent les Tarasques aux civilisations voisines (Brand 1952).

À l'époque précolombienne, le régime alimentaire traditionnel était sensiblement le même qu'actuellement: c'est l'association, classique en Mésoamérique, maïs-haricot-courge (*Zea mays*, *Phaseolus* spp. et *Cucurbita* spp.) qui, avec les piments (*Capsicum* spp.), constituait les cultures de base.

Parmi les espèces citées par Dressler (1956), j'ai retenu celles qui poussent naturellement dans la zone d'étude ou qui y ont été introduites très tôt:

<i>Agave atrovirens</i>	<i>Opuntia streptacantha</i>
<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Pachyrrhizus erosus</i>
<i>Annona cherimola</i>	<i>Persea americana</i>
<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Phaseolus acutifolius</i>
<i>Crotalaria longirostrata</i>	<i>P. coccineus</i>
<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i>
<i>Dahlia coccinea</i>	<i>Psidium guajava</i>
<i>Opuntia amyclaea</i>	<i>Salvia polystachya</i>
<i>O. ficus-indica</i>	<i>Sambucus mexicana</i>
<i>O. megacantha</i>	

La cueillette des plantes spontanées devait autrefois, comme actuellement, constituer une part non négligeable du régime alimentaire. La cueillette des champignons est en effet une tradition chez les Purépechas, qui en ont une bonne connaissance¹⁰. Outre certaines espèces mentionnées précédemment comme cultivées, mais qui sont également cueillies dans la nature, je citerai quelques unes des plantes que récoltent les indigènes et les métis:

<i>Arbutus</i> spp.	<i>Oxalis hernandezii</i>
<i>Dioscorea</i> spp.	<i>Salvia mexicana</i>
<i>Lantana</i> spp.	<i>Satureja macrostema</i>
<i>Opuntia</i> spp.	<i>Stenocereus queretaroensis</i>

La pêche, actuellement très réduite à cause de l'assèchement du lac de Zacapu, devait constituer une activité primordiale dans la région de Zacapu comme c'est encore le cas dans le bassin voisin de Pátzcuaro. La chasse aussi a perdu la grande importance qu'elle avait autrefois, le grand gibier —cerf à queue blanche ("venado cola blanca", *Odocoileus virginianus*) et pécarri ("jabalí", *Pecari tajacu*)— étant actuellement très rare. Le dindon sylvestre (*Meleagris gallopavo*) a, lui, disparu de l'entité. Les oiseaux d'eau (de nombreuses espèces de la famille des Anatidae), les cailles ("codorniz común", *Colinus virginianus* et "codorniz pinta", *Cyrtonyx montezumae*, principalement), les poules de montagne ("gallina de monte", *Dendrothyx macroura*), les lièvres ("liebre", *Lepus callotis*), les lapins ("conejo", *Sylvilagus floridanus*) et le tatou ("armadillo", *Dasybus novemcinctus*) sont encore chassés.

2. Activités humaines récentes

Les richesses potentielles des régions montagneuses de l'empire tarasque, en terres agricoles et en forêts exploitables, ont très vite attiré les Espagnols. L'introduction du bétail (bovin, chevalin, caprin et ovin) et du blé date du XVII^e siècle¹¹, la production des aliments traditionnels restant cependant prépondérante tant pour les indigènes que pour les métis.

L'utilisation du milieu naturel est différente dans la sierra, où les activités agricoles et forestières sont d'égale importance, et dans la dépression, essentiellement agricole.

2.1. La Sierra Tarasque

Même quand l'agriculture, dans de nombreux villages et communautés, pourrait constituer la principale source de richesse, cette activité se voit de plus en plus supplantée par l'exploitation de la forêt.

Trois types d'exploitation des ressources forestières sont présentes: le gemmage, l'exploitation des conifères et l'artisanat. Ce dernier, en effet, trouve la majorité de ses matières premières dans les écosystèmes forestiers.

2.1.1. L'artisanat

Pratiqué de façon traditionnelle par les Tarasques, l'artisanat s'est développé, sous l'impulsion de Don Vasco de Quiroga, au milieu du XVII^e siècle: pour permettre aux indigènes d'avoir des activités économiques indépendantes des colons, l'évêque du Michoacán décida d'améliorer les techniques existantes, d'en implanter de nouvelles et de spécialiser chaque village afin d'éviter toute concurrence entre eux (voir Padilla 1970). Cette stratégie, alors imposée, a fait de l'artisanat une des principales ressources économiques, non seulement des Purépechas, mais de tout l'État du Michoacán.

L'influence de ces activités sur le milieu naturel est importante, le travail du bois en général tenant bien sûr dans cette région boisée un rôle primordial. Les principales productions en sont des meubles rudimentaires ou plus ouvragés, de style colonial, des cuillères et autres couverts en bois de grande ou de petite taille, des plats décorés (peints ou sculptés), des instruments de musique à cordes (surtout des guitares: celles de Paracho sont renommées), etc.

Le travail du bois se développe surtout dans le Centre et le Sud de la sierra. Les principales espèces spontanées exploitées sont (Guridi 1980):

Abies religiosa
Alnus jorullensis ssp.
*jorullensis***

*Arbutus xalapensis**
*Clethra mexicana**
*Cupressus lindleyi**

*Fraxinus uhdei***
*Garrya laurifolia**
*Pinus lawsonii**
*P. leiophylla***

Pinus michoacana var. *cornuta***
*Quercus crassipes***
*Tilia mexicana***

D'autres m'ont été signalées par les artisans eux-mêmes comme:

*Ternstroemia pringlei**

Quercus spp.**

La surexploitation de certaines essences (marquées de *) fait qu'elles sont de plus en plus difficiles à acquérir et même parfois en voie d'extinction, d'où l'utilisation d'espèces de substitutions (marquées de **), dont le bois est de moins bonne qualité. De nombreux objets élaborés de façon traditionnelle dans d'autres bois sont actuellement faits en pin et, de plus en plus, en chêne¹².

La production de poteries (plats, cruches, figurines, *comales*, etc.) constitue l'activité économique essentielle de nombreux villages, surtout dans le Nord de la sierra¹³. Or ces artisans consomment de grosses quantités de bois de pin et de chêne, utilisé pour la cuisson des pièces d'argile.

2.1.2. L'extraction de résine

L'État du Michoacán est le premier producteur de résine du Mexique, suivi des États de Jalisco, Mexico, Puebla, Oaxaca, Zacatecas, etc. Les produits de base, essence de térébenthine et colophane (le brai), sont en partie exportés sous cette forme.

La méthode française de résinage (méthode de Hugues), imposée en 1937 par les pouvoirs publics, n'a été appliquée intégralement qu'à partir de 1954¹⁴. Le diamètre minimum des arbres exploités doit être supérieur à 35 cm. En fait j'ai pu observer que les résiniers effectuaient les premières carres dès que les pins avaient atteint 100 cm de circonférence, soit 31,8 cm de diamètre. Pourtant, une étude (Anonyme 1980) réalisée dans la sierra a montré que, sur 480 arbres échantillonnés, le respect des normes est proche de 80% tant pour le diamètre de l'arbre lors de la première entaille que pour le nombre de carres par tronc et la distance inter-carres. Par contre il chute à 43% pour la profondeur de la saignée: or c'est le moindre respect de cette dernière norme qui est le plus néfaste pour la forêt, la cicatrisation plus lente et délicate de l'entaille ralentissant la croissance des pins. Selon cette même étude, le nombre moyen d'arbres résinés dans la région forestière d'Uruapan (située en grande partie dans la Sierra Tarasque) atteignait 52 individus/ha en 1973.

Les rendements en résine sont différents selon les espèces de pins:



Photo 3 - Exploitation du bois de sapin. Cerro de Patamban, municipio Los Reyes, 2 960 m. Noter la hauteur des souches et les gros troncs qui pourrissent sur place.

Espèces	Production moyenne de résine par carre et par an, en grammes
<i>Pinus oocarpa</i>	4 000 à 4 500
<i>P. lawsonii</i>	idem
<i>P. pseudostrobus</i>	3 000 à 4 000
<i>P. leiophylla</i>	idem
<i>P. michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	2 000 à 3 000
<i>P. douglasiana</i>	idem
<i>P. montezumae</i>	idem
<i>P. teocote</i>	idem

Les résiniers sont rarement propriétaires des forêts qu'ils exploitent: des propriétaires les emploient au forfait ou en métayage, ou bien dans le cas des terres de la communauté indigène ou *ejidos*, chaque résinier se voit attribuer, lors des réunions annuelles, les parcelles qu'il pourra exploiter¹⁵. La région possède 6 usines de traitement de la résine, dont 4 situées dans les environs immédiats de la zone d'étude et 2 dans la zone même, une à Cherán et l'autre à Zacapu.

2.1.3. L'exploitation du bois

Toutes les espèces de pins sont exploitées malgré les différences de qualité de leur bois. Le système de coupe reste très artisanal: des petits groupes de 3 personnes ou plus travaillent à la hache ou à la scie et utilisent des chevaux ou des ânes comme moyen de traction pour ramener le bois. Cependant l'exploitation mécanisée commence à se développer, surtout dans la partie sud de la sierra (région de Cherán et Paracho).

Malgré les tentatives des pouvoirs publics (Moncayo et González 1979) pour organiser l'exploitation forestière et, surtout, pour protéger les forêts, l'exploitation illégale et sauvage atteint des niveaux encore plus critiques que par le passé, provoquant de nombreux conflits (voir Espín 1986). Par exemple, depuis 1972, l'administration favorise la création et le développement des industries de traitement du bois (scieries, fabriques de caisses d'emballage, activités artisanales, usines de cellulose et de pâte à papier, etc.). De ce fait, il y a actuellement prolifération de petites entreprises (Espín 1986) privées, *ejidales* ou communautaires, qui n'a fait qu'accentuer les coupes illégales dans des lieux de plus en plus difficiles d'accès¹⁶. Il faut alors déplorer une perte considérable de bois qui ne peut être extrait par les animaux et qui pourrit sur place (photo 3). Les efforts déployés dans le domaine de la reforestation n'ont eu que peu de résultats, à cause du manque de moyens financiers pour la mise en œuvre des plantations, d'une part, et de la déficience de l'assistance technique de surveillance, d'autre part.

L'utilisation du bois dans la construction des maisons date au moins de l'avènement

de l'empire tarasque. La maison traditionnelle purépecha, la *troje*, est l'une des plus confortables du Mexique indigène. Elle est entièrement fabriquée en bois de pin: piliers et planches pour les murs, les planchers et la charpente, bardeaux (*tejamanil*) pour la toiture (voir Barthélémy et Meyer 1987). Cet habitat traditionnel, bien que concurrencé par les maisons en adobe et en briques cuites, s'impose encore dans le paysage tant urbain que rural.

L'extraction du bois à usage domestique ne cesse de s'accroître (proportionnellement à la poussée démographique) d'où l'extension du périmètre de déforestation totale autour des villages.

2.1.4. L'agriculture et l'élevage

Dans la sierra, l'agriculture se fait, dans sa presque totalité, sans irrigation. Les fertilisants sont d'utilisation courante mais pas encore généralisée. Par contre, la mécanisation relativement peu répandue dans les petites communautés de montagne est presque totale dans les régions planes et sur les sols profonds des grandes vallées comme à Cherán, Paracho ou Los Reyes.

Le maïs, qui constitue la base de l'alimentation, reste bien sûr la culture principale. Les grains de maïs servent à la fabrication des *tortillas*, sortes de galettes consommées à tous les repas. De nombreuses variétés de maïs, commerciales mais aussi créoles, sont semées, adaptées aux différentes conditions climatiques (résistance au gel en particulier) et édaphiques. Les semailles ont lieu au début de la saison des pluies et les récoltes en novembre-décembre.

On peut regrouper les terres cultivées en maïs en trois types:

- les grandes parties planes aux sols profonds où la mécanisation est généralisée et la productivité élevée; la production y est destinée au marché national;
- les terrains en pente, sur les bas-versants des édifices volcaniques, où la traction animale est utilisée: la culture du maïs y est associée à celle du haricot et parfois de la courge, le tout étant destiné à la consommation locale;
- les écueros, jardins familiaux, autour de la maison, où sont cultivées les variétés créoles associées aux haricots et aux courges ainsi qu'aux piments¹⁷.

On cultive également du blé (*Triticum* spp.), des pommes de terre (*Solanum tuberosum*) et de l'orge (*Hordeum* spp.). Les plantes maraîchères sont encore peu exploitées, mais depuis quelques années, la culture de l'avocat (*Persea americana*) est en plein essor dans les régions humides, situées entre 1 500 et 2 000 m, de tout l'État du Michoacán. Dans la zone d'étude, une grande production existe dans la région de Los Reyes et Atapan, et, bien que moins importante, dans la *cañada* de Los Once Pueblos¹⁸.

L'élevage demeure une activité familiale secondaire pour les agriculteurs, la pénurie d'eau en saison sèche limitant son développement. La présence d'ânes ou de mules et surtout de chevaux est une constante dans les familles en milieu rural, mais avec un

nombre de têtes assez réduit; ils sont montés et utilisés comme animaux de traction. Les unités de production de bovins restent familiales, les taureaux ayant, comme nous l'avons signalé, un rôle important dans l'agriculture¹⁹; par ailleurs, on voit dans de nombreux villages, de grands troupeaux d'ovins.

Ovins et bovins ont une zone unique de pâturage "aménagée", qui sont les terrains de culture en repos, malheureusement insuffisantes pour entretenir la totalité du bétail. Il est donc nécessaire et courant d'emmener les bêtes paître dans les pâturages naturels que forment les forêts mais les incendies liés à cette activité constituent un des plus graves problèmes de la région: en effet, les feux sont allumés volontairement à la fin de la saison sèche pour stimuler une repousse des graminées, mais ils peuvent aussi être provoqués accidentellement par toutes les personnes qui travaillent ou se promènent en forêt, le sous-bois, très sec à cette époque de l'année, s'enflammant à la moindre négligence (mégot de cigarette, petit feu mal éteint pour réchauffer les *tortillas* à la mi-journée, etc.) et provoquant un incendie qui se propage rapidement.

2.2. La dépression du Lerma

L'exploitation forestière est ici peu développée, car aucune activité économique directe n'est liée, comme dans la sierra, à la forêt. Il faut toutefois signaler la production de charbon de bois, une activité importante dans les forêts de chênes (moins dans la forêt tropicale basse caducifoliée même si le casirpe, *Mimosa rhodocarpa*, était exploité) jusque dans les années 1930 à 1950, mais qui a disparu depuis. Par contre l'approvisionnement en bois domestique reste une cause importante de la dégradation du couvert forestier.

Les activités principales sont l'agriculture irriguée et de saison, dite de *temporal*, et l'élevage.

2.2.1. L'agriculture irriguée

Elle occupe tous les vertisols des terrains plats faciles à aménager pour l'irrigation par gravité. Elle est pratiquée sur de grandes étendues dans trois districts (voir section 1, Chap. II, de la Première Partie) et sur de petites surfaces ailleurs.

Cette agriculture mécanisée permet plusieurs récoltes au cours de l'année. Les cultures en sont très variées: maïs, sorgho (*Sorghum bicolor*), blé, pomme de terre, tomate (*Lycopersicon esculentum*), concombre (*Cucumis sativus*), haricot, fraise (*Fragaria* spp.), oignon (*Allium cepa*), carthame (*Carthamus tinctorius*), courgette, avoine (*Avena sativa*), luzerne (*Medicago sativa*), pois chiche (*Cicer arietinum*), lentilles (*Lens esculenta*), etc. Elles se succèdent sans interruption sur les mêmes parcelles²⁰, à part les fraises.

Cette agriculture est tournée vers le marché national et international, surtout dans le cas des fraises dont la production est exportée aux États-Unis.

2.2.2. L'agriculture de *temporal*

L'agriculture saisonnière dite de *temporal* se pratique sur les terrains en pente et sur les terrains plats non irrigués. Le travail s'effectue avec un attelage de bœufs ou de chevaux, parfois avec un tracteur sur les sols à pente faible et peu caillouteux.

La culture du maïs, qui était généralisée, est maintenant concurrencée par celle du sorgho qui, d'introduction récente (une vingtaine d'années), s'avère plus rentable. Leurs cycles de culture sont tout à fait comparables, puisqu'on sème le maïs en juillet et le sorgho fin mai-début juin, les deux étant récoltés en décembre. Dans la rotation des cultures, on utilise le pois chiche, fixateur d'azote atmosphérique.

2.2.3. L'élevage

Les terres dites *cerriles* (versant de cerro), colonisées par des prairies et des fourrés secondaires après l'abandon des cultures, sont utilisées pour faire paître le bétail. Ce dernier, souvent laissé en liberté plusieurs mois durant, pénètre également dans les sous-bois de la forêt de chênes et de la forêt tropicale basse caducifoliée. Les élevages bovin et caprin sont extensifs dans toute la région, les troupeaux de chèvres étant plus nombreux dans les forêts de chênes. Le pâturage s'accompagne d'incendies de la végétation naturelle, comme dans la Sierra Tarasque, bien que la situation soit ici moins critique.

L'élevage porcin industriel est courant dans toute la dépression, surtout à La Piedad, un des pôles mexicains de la production de viande de porc.

Notes

- 10 Voir à ce sujet Mapes, Guzmán et Caballero 1981.
- 11 Voir l'étude récente sur le diocèse du Michoacán au xvii^e siècle de Lecoin, Percheron et Vergneault 1986.
- 12 L'absence de techniques appropriées pour le séchage du bois de chêne rend son exploitation difficile et ce bois, souvent de bonne qualité, est fort mal rentabilisé.
- 13 Par exemple, Ocumicho et Patamban, deux villages de potiers, qui ne sont séparés que par quelques kilomètres. Le premier est spécialisé dans la production de figurines et le second dans celle de plats, cruches et services ménagers (voir à ce sujet Gouy 1987).
- 14 Le système avec stimulants (surtout des acides forts), d'utilisation généralisée en Europe, est encore peu répandu au Mexique. Un programme expérimental lancé par l'INIF en 1965 dans la région d'Uruapan est arrivé aux conclusions suivantes (Más Porras et Prado 1981): bien que la production ait été supérieure pour les arbres traités avec le système français, le coût par tonne de résine produite est du même ordre de grandeur pour les deux systèmes; par contre, il semble que la cicatrisation des arbres soit plus rapide avec le système utilisant les stimulants. Ce dernier résultat, sans parler des réserves faites par les auteurs (qui reconnaissent que cette expérimentation doit être poursuivie pour pouvoir arriver à des conclusions définitives), me paraît fort optimiste. En effet, il faut distinguer l'expérimentation dans des conditions contrôlées et l'utilisation courante.

- 15 Pour donner une idée du développement de cette activité, je citerai deux exemples précis:
 - dans le village de San Felipe de los Herreros (municipio Cherán) seulement 4.4% (soit 19 personnes) de la population économiquement active (PEA) sont résiniers à plein temps, alors que 25% de la PEA (soit 100 personnes) s'y consacrent plus ou moins régulièrement (Linck 1982);
 - à Pichataro (municipio de Tingambato) sur 36 résiniers, la moitié pratique une activité secondaire (agriculture ou exploitation forestière) et sur 189 agriculteurs, 67 sont également résiniers (Toledo et Barrera 1984).
- 16 Cela se traduit aussi par une forte augmentation de la population vivant des activités forestières. Dans le cas de San Felipe de los Herreros, village d'un bon potentiel agricole, 21% de la PEA sont des bûcherons (contre 22.4% d'agriculteurs) et au total 38.1% de la PEA (bûcherons, menuisiers, artisans et résiniers) dépendent plus ou moins directement de l'exploitation de la forêt (Linck 1982).
- 17 Un exemple de la productivité: à Pichataro sont récoltés en moyenne, 840 kg/ha de maïs dans les *écuaros*, 1 000 kg/ha sur les pentes et entre 1 400 et 1 800 kg/ha sur les terrains plats (Toledo et Barrera 1984).
- 18 La culture de l'avocat a entraîné de profonds changements sociaux-culturels (voir à ce sujet Santana 1986). (*Cañada*: vallon).
- 19 Linck (1982) signale qu'à San Felipe de los Herreros, on compte en moyenne 16 têtes (vachés, taureaux et veaux) par famille, la moitié des agriculteurs en possédant.
- 20 Exemples de rotations de cultures: sorgho ou maïs, puis blé; haricot après la récolte de pommes de terres; oignons qui succèdent aux courgettes, etc. (voir Pérez 1985 et Becat et Ruvalcaba 1983).

V. LA FLORE

La flore mexicaine se caractérise par sa richesse à tous les niveaux taxonomiques et principalement au niveau spécifique. L'état actuel des connaissances ne permet pas de donner un nombre précis d'espèces. Standley (1920-1926) reconnaissait 6 784 espèces ligneuses et on a longtemps jugé que le nombre d'éléments herbacés devait être plus ou moins équivalent, ce qui aboutissait à 13 000 à 14 000 plantes vasculaires au total, mais Rzedowski (1978) estime, lui, à plus de 20 000 le nombre probable d'espèces (de plantes vasculaires seulement) de la flore mexicaine...

Sur les 969 espèces recensées lors de la présente étude, 90, soit 9.3%, ne sont pas déterminées jusqu'au rang spécifique, et parmi elles, 10 seulement n'ont pu être attribuées à une famille. Les 9 familles les mieux représentées comptent, chacune, plus de 2% du nombre total d'espèces et regroupent ensemble la moitié des taxons spécifiques (482, soit exactement 49.7%). Ces 9 familles sont:

Familles	Nombre d'espèces	Pourcentage du nombre total d'espèces
Asteraceae	170	17.5
Fabaceae	87	9.0
Poaceae	60	6.2
Euphorbiaceae	38	3.9
Lamiaceae	36	3.7
Solanaceae	29	3.0
Cactaceae	22	2.3
Fagaceae	20	2.1
Rubiaceae	20	2.1

La flore actuelle peut être considérée comme la résultante d'une longue évolution influencée par les variations du milieu qui se sont succédées au cours des ères géologiques. Deux causes principales peuvent expliquer la richesse de la flore: l'extrême variabilité des facteurs écologiques (topographie, climat, géologie et pédologie) et la position du Mexique sur le pont continental entre les deux Amériques. Cette situation intermédiaire entre les basses et hautes latitudes a fait du territoire mexicain un lieu privilégié de migration des plantes de provenances diverses au cours des temps géologiques. Aujourd'hui, le Mexique constitue une zone d'influence mixte des éléments floristiques néotropicaux et holarctiques (Rzedowski 1978). De plus le territoire

mexicain est un centre important de diversification et de spéciation pour de nombreux taxons, surtout durant le Cénozoïque (Rzedowski 1965; Tryon 1972).

1. Histoire du peuplement végétal

L'histoire de l'évolution des flores modernes du Mexique commence à la fin du Crétacé, quand la majeure partie de son territoire émerge définitivement (Rzedowski 1978).

Rueda-Gaxiola (1967) a identifié de nombreux fossiles de conifères du Crétacé supérieur de Coahuila, certains apparentés avec des genres actuels comme *Abies*, *Cedrus*, *Picea*, *Pinus* ou *Sequoia*, par exemple. On peut en déduire que les conifères jouaient un rôle beaucoup plus important dans la végétation du Mexique au Crétacé qu'actuellement (Rzedowski 1978). Des restes d'angiospermes sont également présents dans cette flore du Coahuila, mais leur attribution à des genres actuels s'est avérée difficile, cependant on peut citer: *Alnus* ?, *Artocarpus*, *Betula* ?, *Carya*, *Liriodendron*, *Nuphar* et *Salix*.

Faute de preuves évidentes dans des stations plus méridionales, plusieurs théories existent sur l'époque de l'implantation des taxons boréaux en Mésoamérique: les estimations vont de la fin du Crétacé et début du Tertiaire (Steyermark 1950 et McVaugh 1952) jusqu'au Miocène moyen (Graham 1973). Les interprétations basées sur la composition actuelle de la flore mexicaine peuvent être fort éloignées, je n'en citerai que deux:

- Sharp (1953), constatant, au niveau des familles, la pauvreté de l'élément tempéré par rapport au tropical, suggère que les migrations du nord vers le sud sont relativement récentes. Elles auraient eu lieu à la suite de l'érection des chaînes montagneuses actuelles (de la fin du Pliocène au Pléistocène).
- Martin (1958) insiste sur la forte diversité spécifique des chênes (112 espèces de *Quercus* citées par Standley 1920-1926; 150 selon Rzedowski 1978; 30 recensées au Michoacán par Bello et Labat 1987) et des pins (35 espèces de *Pinus* citées par Martínez 1945; Madrigal 1982 distinguant 22 espèces et taxons infraspécifiques dans l'État du Michoacán). La majorité d'entre eux sont présents dans les montagnes, ce qui évoque l'existence d'un centre important et stable d'évolution de ces genres dans les montagnes mexicaines. Rzedowski (1962 et 1972) signale de nombreux autres genres dans le même cas et pense que cette grande diversité pourrait s'expliquer par l'existence de nombreux petits massifs montagneux antérieurs aux soulèvements des formations actuelles.

Dès la dernière moitié du Crétacé, l'évolution de la flore angiospermiennne en Amérique du Sud a donné naissance à un ensemble néotropical très diversifié (Gentry 1982). À cette époque, la présence du géosynclinal vénézuélien-péruvien rend très difficiles les remontées des plantes vers le nord, mais, dès la fin du Crétacé et durant le Paléogène, la présence d'un archipel volcanique au niveau du sud de l'Amérique

centrale actuelle a ouvert une voie relativement directe aux migrations méridionales (Raven et Axelrod 1974 et Gentry 1982). Les découvertes paléobotaniques, quant à elles, permettent d'affirmer la présence d'une flore tropicale au moins depuis l'Eocène. En effet, selon Berry (1923), la flore fossile eocène de l'isthme de Tehuantepec (dans le Sud du Mexique) traduit un climat chaud et humide. Par la suite, et surtout depuis le début du Miocène, les migrations entre Amérique du Sud et Amérique du Nord augmentent progressivement (Raven et Axelrod 1974) pour se généraliser, à partir du Pliocène (Gentry 1982), avec la fermeture de l'isthme de Panamá.

L'origine de la flore endémique de la zone aride du Mexique et des États-Unis est un point controversé. Axelrod (1958) arrive à la conclusion que les taxons typiques des zones franchement arides ne se sont différenciés qu'à partir de la fin du Cénozoïque (Pliocène et Pléistocène); cette opinion est assez vite contestée par Rzedowski (1962), qui met en évidence un grand ensemble endémique au niveau générique dans la flore xérophile mexicaine, ceci plaidant pour une origine beaucoup plus ancienne. Le même auteur, en 1973, considère que cette flore xérophile est d'origine franchement tropicale, tandis que les éléments correspondants de l'Ouest des États-Unis semblent dériver de formes préadaptées, d'origine ou de distribution septentrionales. La flore endémique de la zone aride aurait un centre d'origine et de dispersion situé au nord-est de l'actuel golfe de Californie, irradiant dans toutes les directions (Puig 1976).

2. Relations et affinités floristiques

La définition des provinces floristiques au Mexique a donné lieu à une abondante littérature, concernant essentiellement ses rapports avec la question plus vaste de la limite entre l'empire néotropical et l'empire holartique. La synthèse la plus récente sur ce point est celle de Rzedowski (1978) qui, après un bref aperçu historique (plus complet dans une publication antérieure du même auteur, 1965), définit 4 régions floristiques divisées en 17 provinces. Deux traits importants y sont à signaler en priorité:

- la zone mésoaméricaine de montagne est considérée comme une zone de transition discontinue entre les règnes holartique et néotropical;
- la région xérophytique mexicaine est rattachée au règne néotropical.

2.1. Généralités concernant la composition taxonomique: les familles

Dans une note sur la distribution des familles de Dicotylédones représentées au Mexique par des éléments ligneux, Sharp (1953) a recensé 143 familles. Il les classe en 13 catégories selon leur répartition. Dans le Nord-Ouest du Michoacán, je n'ai rencontré que 77 familles, soit un peu plus de la moitié de celles que cita Sharp. Le tableau 3 indique clairement l'importance des familles plutôt tropicales: au nombre de 85 pour

Répartitions géographiques	N-O Michoacán				Mexique	
	plan. vasc.		dic. lig.		dic. lig.	
	effectif	%	effectif	%	effectif	%
Plutôt tropicales	56	48.7	46	59.7	85	59.4
Plutôt tempérées	23	20.0	13	16.9	27	18.9
Tempérées et tropicales	30	26.1	14	18.2	23	16.1
Non classées	6	5.2	4	5.2	8	5.6
Total	115	100.0	77	100.0	143	100.0

Tableau 3 - Répartition géographique générale des familles de plantes vasculaires (plan. vasc.) du Nord-Ouest du Michoacán et de dicotylédones ayant des espèces ligneuses (dic. lig.) du Mexique (Sharp 1953) et du Nord-Ouest du Michoacán.

l'ensemble du Mexique, on en trouve 46, soit 56% d'entre elles, présentes dans la zone d'étude.

Cependant, il est intéressant de noter l'absence de 16 familles exclusivement tropicales et des 6 familles endémiques de l'Amérique tropicale. Par ailleurs, sur 27 familles mexicaines de distribution plutôt tempérée 13, soit 48% d'entre elles, se rencontrent dans le Nord-Ouest du Michoacán. Même si l'inventaire floristique n'est pas complet, on peut considérer que les familles plutôt tropicales et plutôt tempérées sont en proportions équivalentes dans la zone d'étude et dans l'ensemble du Mexique. Elles représentent respectivement 59.7% et 59.4% pour le premier type de distribution et 16.9% et 18.9% pour le second. Par contre les familles surtout endémiques du Mexique, caractéristiques des régions arides et semi-arides, sont absentes.

Pour avoir une idée plus précise de l'importance de chaque élément de la flore selon les différents types de distribution, il m'a paru intéressant de considérer les 115 familles de plantes vasculaires²¹. Même incomplète, cette liste est suffisante pour donner une idée des proportions de chaque type de distribution (Tab. 4).

Les familles qui ont une répartition tropicale et subtropicale sont les plus nombreuses atteignant 22, soit 19%, suivies par les familles cosmopolites au nombre de 18, soit 15%. Le regroupement en trois grandes catégories et la comparaison avec les résultats précédents (Tab. 3) montrent une baisse de 11% de l'ensemble tropical, une augmentation de 3.1% de l'ensemble tempéré et de 7.9% du tempéré et tropical. Cette modification des proportions est due essentiellement aux distributions cosmopolites et subcosmopolites d'un grand nombre de familles herbacées comme les Cyperaceae, Geraniaceae, Polypodiaceae et Scrophulariaceae, par exemple, et de familles aquatiques comme les Hydrocharitaceae, Lemnaceae et Marsileaceae, entre autres.

1 - TROPICALES: Araliaceae (2), Bombacaceae (1), Chloranthaceae (1), Loranthaceae (9), Moraceae (4), Myrtaceae (1), Opiliaceae (1), Piperaceae (6), Pontederiaceae (3), Rubiaceae (20), Sabiaceae (1), Sapindaceae (3).

2 - TROPICALES ET SUBTROPICALES: Acanthaceae (12), Amaryllidaceae (8), Annonaceae (1), Apocynaceae (2), Begoniaceae (4), Bignoniaceae (1), Commelinaceae (14), Convolvulaceae (13), Crassulaceae (3), Cucurbitaceae (11), Dioscoreaceae (9), Iridaceae (5), Loganiaceae (5), Meliaceae (1), Olacaceae (2), Oxalidaceae (5), Smilacaceae (3), Solanaceae (29), Sterculiaceae (2), Verbenaceae (12), Vitaceae (3), Zygophyllaceae (1).

3 - TEMPÉRÉES, ESSENTIELLEMENT DE L'HÉMISPHERE NORD: Betulaceae (2), Cistaceae (1), Ericaceae (5), Fagaceae (20), Orobanchaceae (1), Papaveraceae (2), Pinaceae (13), Styracaceae (1), Taxodiaceae (1), Ulmaceae (1).

4 - PRINCIPALEMENT AMÉRICAINES: Bromeliaceae (6), Burseraceae (6), Cactaceae (22), Garryaceae (2), Loasaceae (3), Malpighiaceae (2), Passifloraceae (2), Polemoniaceae (2).

5 - DE LARGE DISTRIBUTION MAIS PLUTÔT TROPICALES: Anacardiaceae (4), Araceae (1), Asclepiadaceae (16), Euphorbiaceae (38), Guttiferae (2), Lythraceae (11), Malvaceae (16), Orchidaceae (18), Phytolaccaceae (1), Rutaceae (1), Selaginellaceae (1), Tiliaceae (3), Urticaceae (3).

6 - COSMOPOLITES (SAUF RÉGIONS POLAIRES): Amaranthaceae (5), Aquifoliaceae (1), Boraginaceae (9), Geraniaceae (5), Hydrophyllaceae (3), Marsileaceae (1), Nyctaginaceae (3), Oleaceae (2), Plumbaginaceae (2), Portulacaceae (2), Rhamnaceae (3), Violaceae (3).

7 - ENDÉMIQUE DE L'AMÉRIQUE CHAUDE: Martyniaceae (1).

8 - COSMOPOLITES: Apiaceae (18), Asteraceae (170), Cyperaceae (19), Fabaceae (87), Gentianaceae (4), Hydrocharitaceae (1), Lamiaceae (36), Lemnaceae (2), Lentibulariaceae (2), Liliaceae (6), Nymphaeaceae (1), Ophioglossaceae (2), Poaceae (60), Polyodiaceae (15), Rosaceae (6), Scrophulariaceae (14), Typhaceae (1), Zannichelliaceae (1).

9 - PRINCIPALEMENT NORD TEMPÉRÉES: Salicaceae (2).

10 - DE LARGE DISTRIBUTION MAIS PLUTÔT TEMPÉRÉES: Campanulaceae (4), Caprifoliaceae (3), Caryophyllaceae (6), Cruciferae (4), Juncaceae (1), Onagraceae (19), Plantaginaceae (3), Polygalaceae (3), Polygonaceae (6), Primulaceae (1), Ranunculaceae (7), Valerianaceae (4).

11 - SURTOUT ENDÉMIQUES DU MEXIQUE.

12 - PRINCIPALEMENT DE L'HÉMISPHERE SUD.

13 - NON CLASSÉES: Casuarinaceae (1), Clethraceae (1), Coriariaceae (1), Resedaceae (1), Symplocaceae (1), Theaceae (1).

Tableau 4 - Classification géographique des familles de plantes vasculaires présentes dans le Nord-Ouest du Michoacán selon les types de distribution définis par Sharp (1953). Les nombres, entre parenthèses après chaque famille, indiquent le nombre d'espèces.

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	172	17.75
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	31	6.95	5	0.52
2. Surtout tempérée	22	4.93	11	1.14
3. Surtout américaine	10	2.24	0	0.00
4. Surtout tropicale	16	3.58	2	0.21
5. Surtout néotropicale	12	2.69	4	0.41
SOUS-TOTAL	91	20.40	22	2.27
FLORE AMÉRICAINNE				
6. Américaine	21	4.71	14	1.44
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	65	14.57	21	2.17
8. Surtout américaine	23	5.16	5	0.52
9. Surtout africaine	8	1.79	3	0.31
10. Surtout asiatique	2	0.45	0	0.00
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	8	1.79	3	0.31
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	12	2.69	0	0.00
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropicale	80	17.94	73	7.53
14. Andine	9	2.02	28	2.89
15. Caribéenne	5	1.12	24	2.48
16. Mésoaméricaine de basse altitude	17	3.81	94	9.70
17. Mésoaméricaine de montagne	16	3.59	102	10.53
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	8	1.79	26	2.68
19. Mexique occidentale	1	0.22	60	6.19
20. Sud du Mexique	1	0.22	10	1.03
21. Centre du Mexique	0	0.00	78	8.05
22. Nord du Mexique	0	0.00	10	1.03
SOUS-TOTAL	255	57.17	537	55.42
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	11	2.47	0	0.00
24. De large distribution mais surtout américaine	2	0.45	1	0.10
25. De large distribution mais surtout eurasienne	3	0.67	2	0.21
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	3	0.67	1	0.10
27. Circumboréale	15	3.36	4	0.41
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	14	3.14	0	0.00
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	3	0.67	0	0.00
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	3	0.67	0	0.00
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINNE				
31. Nord-américaine	13	2.91	9	0.93
32. Commune Mexique et États-Unis	2	0.45	4	0.41
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.00	4	0.41
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	7	1.57	38	3.92
35. Commune Mexique et Amérique centrale	1	0.22	36	3.72
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	1	0.22	18	1.86
37. Nord du Mexique	0	0.00	11	1.14
38. Centre du Mexique	0	0.00	32	3.30
39. Mexique occidentale	0	0.00	19	1.96
40. Sud du Mexique	0	0.00	6	0.62
SOUS-TOTAL	78	17.49	185	19.09
FLORE ENDÉMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	1	0.22	28	2.89
42. Mexique	0	0.00	11	1.14
SOUS-TOTAL	1	0.22	39	4.02
TOTAL	446	100.00	969	100.00

Tableau 5 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces selon les types de distribution.

2.2. Niveaux générique et spécifique

Les travaux de Good (1953) et Sharp (1953) m'ont aidé à définir les divisions supérieures des types de distributions considérés par la suite, ceux de Rzedowski (1966 et 1978) et de Puig (1976) les divisions inférieures. Dans cette étude, j'ai considéré la distribution géographique de toutes les plantes vasculaires: jusqu'à ces dernières années, les renseignements sur l'aire de distribution de nombreuses espèces, surtout herbacées, étaient trop incomplets, mais les publications récentes de flores régionales, tant mexicaines que centraméricaines, et de monographies taxonomiques²² permettent d'atteindre aujourd'hui une précision satisfaisante.

Les distributions de 797 espèces, soit 82.2% du nombre total, ont pu être précisées. Pour les autres espèces (distribution 0 dans le Tab. 5), 83 sont déterminées jusqu'au rang spécifique et ont un autre type de distribution (différent de ceux considérés), ou bien les données bibliographiques à ma disposition étaient insuffisantes pour conclure. Les résultats numériques des types de distribution sont donnés dans le tableau 5.

2.2.1. Flore cosmopolite

Je considère également ici les taxons subcosmopolites que j'ai séparés en 4 types de distribution, ce qui permet de mettre en évidence les genres qui ont une répartition large mais centrée (plus grande richesse spécifique) sur un règne floristique particulier. J'ai également isolé, sur le même modèle, les espèces (de même que certains genres) devenues cosmopolites par introduction anthropique et dont le centre d'origine correspond à la partie géographique considérée.

Les 91 genres de large distribution représentent 20.4% des genres de la zone d'étude et se répartissent de la façon suivante:

Distribution	Pourcentage
1- Cosmopolite	34.06
2- Surtout tempéré	24.18
3- Surtout américain	10.99
4- Surtout tropical	17.58
5- Surtout néotropical	13.19
Total	100.0

Les espèces cosmopolites et subcosmopolites sont beaucoup moins nombreuses. On n'en compte que 22, soit 2.3% de l'ensemble de la flore rencontrée. La moitié d'entre elles sont originaires du continent européen.

2.2.1.1. Élément cosmopolite (1)

Les genres dont la distribution est plus ou moins continue sur l'ensemble de la terre sont:

<i>Amaranthus</i>	<i>Nymphaea</i>
<i>Anagallis</i>	<i>Nymphoides</i>
<i>Aristida</i>	<i>Ophioglossum</i>
<i>Bidens</i>	<i>Oxalis</i>
<i>Celtis</i>	<i>Polygala</i>
<i>Centaureium</i>	<i>Pteridium</i>
<i>Chamaesyce</i>	<i>Salvia</i>
<i>Clematis</i>	<i>Satureja</i>
<i>Cynodon</i>	<i>Scutellaria</i>
<i>Desmodium</i>	<i>Senecio</i>
<i>Euphorbia</i>	<i>Stachys</i>
<i>Gnaphalium</i>	<i>Typha</i>
<i>Hydrocotyle</i>	<i>Utricularia</i>
<i>Lemna</i>	<i>Wolffia</i>
<i>Malaxis</i>	<i>Zannichellia</i>

Près de la moitié de ces genres ont des espèces aquatiques ou subaquatiques: c'est le cas, par exemple de *Bidens*, *Cynodon*, *Hydrocotyle*, *Lemna*, *Nymphaea*, *Utricularia*, etc. Cinq espèces seulement peuvent être considérées comme cosmopolites:

<i>Ammania auriculata</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>
<i>Berula erecta</i>	<i>Zannichellia palustris</i>
<i>Eleocharis acicularis</i>	

Seule *Pteridium aquilinum* n'est pas liée au milieu aquatique.

2.2.1.2. Élément surtout tempéré (2)

Cet élément comporte les genres suivants:

<i>Eleocharis</i>	<i>Jussiaea</i>
<i>Eryngium</i>	<i>Lythrum</i>
<i>Festuca</i>	<i>Marsilea</i>
<i>Galium</i>	<i>Plantago</i>
<i>Geranium</i>	<i>Polygonum</i>
<i>Hypericum</i>	<i>Prunus</i>
<i>Juncus</i>	<i>Rorippa</i>

<i>Rubus</i>	<i>Sonchus</i>
<i>Rumex</i>	<i>Stellaria</i>
<i>Salix</i>	<i>Valeriana</i>
<i>Sambucus</i>	<i>Woodsia</i>

Les genres liés à un mode de vie aquatique sont encore nombreux (*Eleocharis*, *Juncus*, *Marsilea* par exemple).

Les espèces sont des composantes de la flore rudérale ou adventice. Elles ont été introduites en même temps que les cultures indo-européennes:

<i>Anagallis arvensis</i> f. <i>arvensis</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>P. major</i>
<i>Chamaesyce thymifolia</i>	<i>Reseda luteola</i>
<i>Medicago polymorpha</i> var. <i>vulgaris</i>	<i>Rumex crispus</i>
<i>Melilotus indicus</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>
<i>Oxalis corniculata</i>	

2.2.1.3. Élément surtout américain (3)

Au niveau générique, il représente 11.1% des genres cosmopolites ou sub-cosmopolites:

<i>Ambrosia</i>	<i>Erigeron</i>
<i>Bacopa</i>	<i>Mirabilis</i>
<i>Cheilanthes</i>	<i>Notholaena</i>
<i>Cuscuta</i>	<i>Polypogon</i>
<i>Dichanthelium</i>	<i>Trisetum</i>

Je n'ai rencontré aucune espèce ayant ce type de distribution.

2.2.1.3. Élément surtout tropical (4)

Les genres de large distribution mais avec une plus grande diversité dans la zone intertropicale sont assez nombreux:

<i>Ammania</i>	<i>Leersia</i>
<i>Casuarina</i>	<i>Lobelia</i>
<i>Cynanchum</i>	<i>Panicum</i>
<i>Cyperus</i>	<i>Phytolacca</i>
<i>Eragrostis</i>	<i>Rhus</i>
<i>Heliotropium</i>	<i>Selaginella</i>

Smilax
Solanum

Sporobolus
Zornia

Ils représentent 17.6% de l'élément cosmopolite.

Je n'ai compté que 2 espèces originaires de la zone tropicale qui soient devenues cosmopolites. La première, *Cynodon dactylon*, est une plante fourragère, apparemment originaire d'Afrique (POHL 1980). Elle s'est parfaitement acclimatée au Mexique où elle a une large distribution. Le sorgho (*Sorghum bicolor*) est moins commun, mais il est parfois présent dans les prairies quelques années après un cycle de culture.

2.2.1.3. Élément surtout néotropical (5)

Au nombre de 12, ces genres constituent 13.2% de l'ensemble cosmopolite:

Adiantum
Aeschynomene
Datura
Eupatorium
Galinsoga
Ilex

Ipomoea
Ludwigia
Paspalum
Physalis
Polypodium
Spiranthes

Seules 4 espèces (une Asclepiadaceae, *Asclepias curassavica*, deux Asteraceae, *Eclipta prostrata* et *Galinsoga parviflora*, et une Poaceae, *Paspalum distichum*) originaires de l'Amérique tropicale sont actuellement distribuées dans de nombreuses zones, tant tropicales que tempérées.

2.2.2. Flore américaine (6)

Avant de parler de la flore tropicale et tempérée, je m'intéresse ici aux taxons qui ont une distribution plus ou moins continue depuis le Nord (Canada, Nord des États-Unis) jusqu'au Sud (Sud du Brésil ou Argentine et Chili) du continent américain. Leur distribution ne répond pas à la division classique tropicale tempérée, mais ils ne sont pas cosmopolites pour autant.

Les genres qui ont ce type de distribution sont au nombre de 21, c'est-à-dire 4.7% du total²³:

Argemone
Bouteloua
Brickellia
Castilleja
Dalea

Gonolobus
Grindelia
Halimolobos
Heliopsis
Herissantia

Limnobium
Mentzelia
Oenothera
Opuntia
Parthenium
Phoradendron

Schkuhria
Sisyrinchium
Tagetes
Tradescantia
Verbena

Ils se rattachent à différentes familles essentiellement cosmopolites (Asteraceae, Poaceae, etc.), tropicales, tropicales et subtropicales (Asclepiadaceae, Commelinaceae, etc.) ou principalement américaines (Cactaceae et Loasaceae).

Les espèces sont au nombre de 14, soit 1.4% de la flore étudiée:

Chamaesyce serpens
Cyperus esculentus
Eragrostis mexicana
Euphorbia dentata var. *dentata*
Gnaphalium americanum
Hydrocotyle cf. *umbellata*
Lemna minima

Limnobium stoloniferum
Malvella leprosa
Panicum virgatum
Polygonum punctatum var. *eciliatum*
Scirpus americanus
Setaria geniculata
Solanum americanum

Elles appartiennent en grande majorité à des familles de large distribution (Cyperaceae, Euphorbiaceae, Poaceae, etc.). La moitié d'entre elles sont des plantes aquatiques ou subaquatiques.

2.2.3. Flore tropicale

Les éléments tropicaux sont largement dominants et du même ordre de grandeur pour les genres (57.2%) et pour les espèces (55.4%), mais, dans le détail, les différences apparaissent clairement: le nombre de genres diminue assez régulièrement avec les aires de distribution de plus en plus réduites, alors que la répartition du nombre des espèces dans les mêmes aires est irrégulière.

2.2.3.1. Élément pantropical (7)

Sont considérés ici les taxons dont la distribution englobe l'ensemble de la zone tropicale et peut s'étendre jusqu'aux portions subtropicales du globe.

Les genres pantropicaux, au nombre de 65, représentent 14.6% du total de la flore et 25.5% de la flore tropicale.

<i>Abildgaardia</i>	<i>Habenaria</i>
<i>Abutilon</i>	<i>Heteropogon</i>
<i>Acacia</i>	<i>Hybanthus</i>
<i>Acalypha</i>	<i>Hydrolea</i>
<i>Albizia</i>	<i>Jaltomata</i>
<i>Ampelocissus</i>	<i>Jatropha</i>
<i>Arisaema</i>	<i>Justicia</i>
<i>Borreria</i>	<i>Leptochloa</i>
<i>Bothriochloa</i>	<i>Mimosa</i>
<i>Brachiaria</i>	<i>Oplismenus</i>
<i>Buchnera</i>	<i>Pellaea</i>
<i>Buddleia</i>	<i>Pennisetum</i>
<i>Bulbostylis</i>	<i>Pilea</i>
<i>Caesalpinia</i>	<i>Piper</i>
<i>Calliandra</i>	<i>Pithecellobium</i>
<i>Canavalia</i>	<i>Pleopeltis</i>
<i>Chamaecrista</i>	<i>Plumbago</i>
<i>Chloris</i>	<i>Pothomorphe</i>
<i>Cissus</i>	<i>Priva</i>
<i>Commelina</i>	<i>Prosopis</i>
<i>Conyza</i>	<i>Quamoclit</i>
<i>Croton</i>	<i>Randia</i>
<i>Dicliptera</i>	<i>Ruellia</i>
<i>Digitaria</i>	<i>Sarcostemma</i>
<i>Dioscorea</i>	<i>Setaria</i>
<i>Dodonaea</i>	<i>Sigesbeckia</i>
<i>Dorstenia</i>	<i>Spilanthes</i>
<i>Dyschoriste</i>	<i>Stemodia</i>
<i>Echinochloa</i>	<i>Tephrosia</i>
<i>Eclipta</i>	<i>Tragia</i>
<i>Ehretia</i>	<i>Triumfetta</i>
<i>Eriochloa</i>	<i>Ximenia</i>
<i>Erythrina</i>	

La majorité d'entre eux (60%) appartiennent à des familles ayant une très large distribution, les autres à des familles tropicales ou surtout tropicales, à l'exception de *Justicia*, une Onagraceae (taxon plutôt tempéré). Ces genres témoignent, pour la plupart, de l'évolution de la flore angiospermière avant la dislocation du Gondwana. Nombre d'entre eux, comme *Croton*, *Commelina*, *Dioscorea*, *Erythrina*, *Mimosa* ont continué à évoluer de façon équivalente dans l'ensemble de la zone tropicale, avec de nombreuses espèces actuelles dans toute la zone intertropicale, souvent avec un grand nombre de micro-endémiques.

Les espèces sont relativement nombreuses, participant pour 2.2% à l'ensemble de

la flore. J'ai regroupé dans cette catégorie les plantes pour lesquelles cette distribution semble naturelle, comme certaines Ptéridophytes. Les autres ont une large distribution tropicale, mais sont d'origines diverses:

<i>Adiantum poiretii</i>	<i>Heteropogon melanocarpus</i>
<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Hyptis pectinata</i>
<i>Bidens pilosa</i>	<i>Iresine celosia</i>
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	<i>Malvastrum coromandelianum</i>
<i>Chloris virgata</i>	<i>Melochia pyramidata</i>
<i>Commelina diffusa</i>	<i>Ophioglossum nudicaule var. tenerum</i>
<i>Datura stramonium</i>	<i>Oplismenus burmannii</i>
<i>Desmodium procumbens var. procumbens</i>	<i>Passiflora foetida</i>
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Pleopeltis macrocarpa</i>
<i>Echinochloa colonum</i>	<i>Sida rhombifolia</i>
<i>Evolvulus alsinoides</i>	

2.2.3.2. Élément subpantropical ou bicentrique (8 à 12)

Cet élément est subdivisé en 5 types: les trois premiers (8, 9 et 10) sont constitués par des genres qui ont une distribution tropicale large mais centrée sur l'un des trois continents (Amérique, Afrique, Asie) et par des espèces dont la distribution pantropicale est récente et anthropique; les deux derniers (11 et 12) regroupent les taxons bicentriques, américano-asiatiques et américano-africains. 53 genres présentent ces types de distribution. Ils constituent 11.9% de la flore et 20.8% des genres tropicaux.

2.2.3.2.1. Élément surtout américain (8)

J'ai trouvé 23 genres (5%) pantropicaux, mais dont le centre de diversification le plus important semble être situé dans le Néotropis. La proportion des genres appartenant à des familles cosmopolites et plutôt tropicales est ici inversée par rapport à l'élément pantropical avec respectivement 36 et 64%. L'élément surtout américain représente 43% des genres subpantropicaux:

<i>Annona</i>	<i>Eichhornia</i>
<i>Begonia</i>	<i>Elaphoglossum</i>
<i>Boerhavia</i>	<i>Evolvulus</i>
<i>Cardiospermum</i>	<i>Lantana</i>
<i>Clusia</i>	<i>Malvastrum</i>
<i>Colubrina</i>	<i>Melochia</i>
<i>Cordia</i>	<i>Passiflora</i>
<i>Drymaria</i>	<i>Peperomia</i>

Phaseolus
Senna
Sida
Stillingia

Talinum
Vernonia
Wissadula

Cet élément, au niveau générique, témoigne de la longue évolution dans le Néotropis du vieux fonds tropical, depuis la séparation de l'Amérique du Sud et de l'Afrique.

Les espèces américaines introduites dans le reste de la zone tropicale sont peu nombreuses (5 seulement) mais de grande importance:

Acacia farnesiana
Eichhornia crassipes
Lantana camara

Nicandra physaloides
Schinus molle

En particulier, la jacinthe d'eau, originaire de l'Amazonie, a envahi de nombreux fleuves et lacs dans toutes les zones chaudes de la planète. Le faux poivrier a été également introduit, à partir de l'Amérique du Sud, au Mexique où il s'est parfaitement acclimaté.

2.2.3.2.2. Élément surtout africain (9)

Sur les 8 genres surtout africains, la moitié existe au Mexique naturellement; les autres sont originaires du continent africain et sont représentés par des espèces introduites:

Anthericum
Crotalaria
Hypoxis
Indigofera

Leonotis
Rhynchelytrum
Ricinus
Sorghum

En plus de *Sorghum bicolor*, voici les 3 seules espèces que j'ai recensées ici: *Ricinus communis* et *Leonotis nepetifolia* sont des rudérales très répandues dans presque tout le Nord-Ouest du Michoacán. *Rhynchelytrum roseum*, introduite, semble-t-il, depuis quelques dizaines d'années seulement dans la dépression du Lerma, non seulement a colonisé les bords de route et de nombreuses prairies induites (leur donnant une belle couleur rosée à la fin de l'été), mais a aussi pénétré dans la forêt tropicale caducifoliée.

2.2.3.2.3. Élément surtout asiatique (10)

Ce type de distribution est rare puisqu'il n'est représenté que par 2 genres, *Ficus* et *Fimbristylis*, et aucune espèce.

2.2.3.2.4. Élément commun à l'Amérique et à l'Afrique et/ou à Madagascar (11)

Ces taxons, qui ont une distribution bicentrique, sont considérés comme les témoins du dernier contact entre ces masses continentales à la fin du Tertiaire. C'est le cas de 8 genres, soit 15.1% des genres subpantropicaux:

Asclepias
Bouchea
Desmanthus
Heteranthera

Iresine
Lippia
Mitracarpus
Trachypogon

Seules 3 espèces présentent ce type distribution, les deux dernières étant liées au milieu aquatique:

Boerhavia coccinea
Cyperus lanceolatus
Utricularia gibba

2.2.3.2.5. Élément commun à l'Amérique et à l'Asie et/ou à l'Océanie (12)

Sharp (1966) a étudié les cas de distribution bicentrique entre l'Asie (l'Est asiatique en particulier) et le Mexique. Je n'ai rencontré aucune espèce, mais 12 genres ont cette distribution²⁴. S'ils ne représentent que 2.7% du total, ils constituent 22.6% des genres subpantropicaux:

Aralia
Cedrela
Erythroides
Hedyosmum
Kallstroemia
Meliosma

Nicotiana
Schoepfia
Sicyos
Styrax
Symplocos
Ternstroemia

2.2.3.3. Élément néotropical (13 à 21)

L'élément néotropical est constitué par 137 genres et 505 espèces soit, respectivement, 30.7% et 52.2% de l'ensemble de la flore et 53.7% et 94.0% de la flore tropicale. Il témoigne de la longue évolution des plantes vasculaires en Amérique du Sud et de l'importance des mécanismes de spéciation.

2.2.3.3.1. Élément pan-néotropical (13)

Les 80 genres (17.9%), de distribution continue dans toute la zone néotropical et, pour certains, subtropicale du Nouveau Monde constituent la classe la plus grande²⁵. Ils représentent 31.4% de la flore tropicale et 58.4% de l'élément néotropical:

<i>Agave</i>	<i>Ixophorus</i>
<i>Ageratum</i>	<i>Jacobinia</i>
<i>Agonandra</i>	<i>Jaegeria</i>
<i>Ayenia</i>	<i>Laelia</i>
<i>Baccharis</i>	<i>Lagascea</i>
<i>Bernardia</i>	<i>Lasiacis</i>
<i>Bletia</i>	<i>Lysiloma</i>
<i>Bomarea</i>	<i>Macroptilium</i>
<i>Bouvardia</i>	<i>Macrosiphonia</i>
<i>Brongniartia</i>	<i>Malvaviscus</i>
<i>Bunchosia</i>	<i>Mandevilla</i>
<i>Bursera</i>	<i>Manihot</i>
<i>Calea</i>	<i>Matelea</i>
<i>Ceiba</i>	<i>Melampodium</i>
<i>Cestrum</i>	<i>Monnina</i>
<i>Cosmos</i>	<i>Myriocarpa</i>
<i>Cracca</i>	<i>Oreopanax</i>
<i>Cucurbita</i>	<i>Pachyrrhizus</i>
<i>Cuphea</i>	<i>Pectis</i>
<i>Cyclanthera</i>	<i>Piqueria</i>
<i>Delilia</i>	<i>Pisoniella</i>
<i>Diphysa</i>	<i>Pitcairnia</i>
<i>Echeveria</i>	<i>Porophyllum</i>
<i>Elytraria</i>	<i>Psidium</i>
<i>Encyclia</i>	<i>Psittacanthus</i>
<i>Escobedia</i>	<i>Schinus</i>
<i>Forestiera</i>	<i>Serjania</i>
<i>Gaudichaudia</i>	<i>Simsia</i>
<i>Gibasis</i>	<i>Solandra</i>
<i>Gomphrena</i>	<i>Spermacoce</i>
<i>Govenia</i>	<i>Spigelia</i>
<i>Heimia</i>	<i>Stevia</i>
<i>Heliocarpus</i>	<i>Struthanthus</i>
<i>Heterosperma</i>	<i>Tecoma</i>
<i>Hyptis</i>	<i>Tetramerium</i>
<i>Inga</i>	<i>Tillandsia</i>
<i>Isochilus</i>	<i>Tinantia</i>

Tridax
Tripogandra
Verbesina

Viguiera
Wigandia
Zephyranthes

Les espèces sont nombreuses, 73, et représentent 7.5% du total, 13.6% de la flore tropicale et 14.5% de l'élément néotropical.

Anoda cristata
Arenaria lanuginosa
Aster subulatus
Baccharis salicifolia
Bacopa procumbens
Borreria suaveolens
Brachiaria plantaginea
Bulbostylis funckii
B. juncooides
Chamaecrista nictitans var. *jaliscensis*
Chamaesyce hirta
C. hyssopifolia
Cissus sicyoides
Clematis dioica
Commelina elegans
Crotalaria pumila
C. sagittalis
Cyperus incompletus
C. ochraceus
Delilia biflora
Desmodium tortuosum
D. uncinatum
Dorstenia drakena
Echeveria gibbiflora
Elytraria imbricata
Erigeron karvinskianus
Eupatorium pycnocephalum
Euphorbia heterophylla var. *heterophylla*
Fimbristylis spadicea
Gomphrena decumbens
Heimia salicifolia
Herissantia crispa
Hydrolea spinosa
Ipomoea cf. *trichocarpa*
I. purpurea
Isochilus aff. *linearis*

Ixophorus unisetus
Jaegeria hirta
Jaltomata procumbens
Kallstroemia pubescens
Leersia hexandra
Macroptilium atropurpureum
Mimosa albida
Mirabilis jalapa
Notholaena aurea
Panicum bulbosum
Paspalum convexum
P. lividum
Peperomia galioides
Physalis pubescens var.
pubescens
Phytolacca icosandra
Pisoniella arborescens
Plantago australis ssp. *hirtella*
Plumbago scandens
Pothomorphe umbellata
Psidium guajava
Sarcostemma cf. *clausum*
Senna hirsuta var. *glaberrima*
Sida glutinosa
Sigesbeckia jorullensis
Solanum torvum
Spermacoce confusa
Spilanthes alba
Sporobolus indicus
Stemodia durantifolia
Talinum paniculatum
Tecoma stans
Tephrosia sinapou
Tillandsia recurvata
Tripogandra aff. *floribunda*
Triumfetta cf. *semitriloba*

*Wigandia urens**Zinnia peruviana*

Cet élément, quantitativement élevé, montre l'ampleur des grandes migrations S-N des taxons néotropicaux le long de l'Amérique centrale et du versant occidental du Mexique ainsi que leur importance, jusque dans les régions d'altitude.

2.2.3.3.2. Élément andin (14)

J'ai considéré ici un certain nombre de taxons qui présentent une distribution plus ou moins continue le long de la chaîne andine, des montagnes centraméricaines et des sierras mexicaines.

Les 9 genres andins que j'ai rencontrés appartiennent à 8 familles de large distribution, cosmopolites pour 5 d'entre elles, tandis que 2 sont plutôt tropicales et une plutôt tempérée. Ces genres représentent 6.6% de l'élément néotropical:

*Aegopogon**Arracacia**Diastatea**Lamourouxia**Lepechinia**Macromeria**Micropleura**Nicandra**Tigridia*

Les espèces andines sont peu nombreuses, puisqu'elles ne représentent que 2.9% de la flore et 5.5% de l'élément néotropical. Contrairement aux genres, elles appartiennent à des familles aux distributions variées, de cosmopolites à strictement tropicales d'une part, et plutôt tempérées d'autre part:

*Acaena elongata**Alchemilla procumbens**Annona cherimola**Castilleja arvensis**Cologania broussonetii**Conyza sopherifolia**Daucus montanus**Desmodium molliculum**D. neomexicanum**Diastatea micrantha**Donnellsmithia juncea**Drymaria villosa**Echinochloa crusgalli**Holodiscus argenteus**Hypericum silenoides var. silenoides**Lobelia nana**Lythrum gracile**Micropleura renifolia**Oenothera rosea**Pilea microphylla**Sisyrinchium convolutum**Solanum nigrescens**Stellaria cruspidata**Stevia lucida**S. ovata**S. serrata**Tagetes filifolia**Valeriana urticifolia*

2.2.3.3.3. Élément caribéen (15)

La région floristique caribéenne s'étend, selon Good (1953), de l'extrême Nord de l'Amérique du Sud à une portion orientale du Mexique et même jusqu'à la péninsule de Floride. Rzedowski (1978) considère que toutes les terres basses et chaudes non xérophiles du Mexique font partie de la région caribéenne, mais j'ai distingué les éléments caribéen, mésoaméricain, tropical montagnard et mexicain. Au niveau de l'élément mexicain j'ai regroupé des taxons qui peuvent être caractéristiques de la région caribéenne ou de la région mésoaméricaine de montagne: en effet, au Mexique, la distribution de la majorité des taxons est insuffisamment connue; elle ne l'est que de façon générale, souvent par rapport à une entité administrative qui n'a rien à voir avec les formations végétales. Il est ainsi difficile de les classer selon les provinces floristiques telles qu'elles ont été clairement définies par Rzedowski (1978).

Les genres qui ont une distribution continue depuis le Sud des États-Unis (de l'Arizona à la Floride) jusqu'au Nord de l'Amérique du Sud, en incluant les Antilles, ne représentent que 1.1% de l'ensemble et 3.6% de l'élément néotropical:

Dyssodia
Echeandia
Mammillaria

Margaranthus
Stenocereus

Au niveau spécifique, les résultats, bien que supérieurs, sont du même ordre: respectivement 2.5% et 4.8%.

Adiantum concinnum
Aeschynomene villosa
Bernardia mexicana
Bouchea prismatica
Centaurium quitense
Cheilanthes aff. pyramidalis
 var. *pyramidalis*
C. lendigera
Cracca caribaea
Croton ciliato-glandulosus
Dyssodia porophyllum
Lobelia laxiflora
Malva viscus arboreus

Margaranthus solanaceus
Millieria quinqueflora
Parthenium hysterophorus
Pectis prostrata
Peperomia cf. glabella
P. quadrifolia
Ruellia nudiflora
Schoepfia schreberi
Selaginella pallescens
 var. *pallescens*
Solanum umbellatum
Tillandsia cf. circinnata
T. fasciculata

On peut remarquer que, dans l'ensemble tropical, c'est au niveau des régions floristiques caribéenne et mésoaméricaine de montagne que la proportion des genres caractéristiques (dont la distribution occupe toute l'aire considérée sans la dépasser) devient inférieure à celle des espèces.

2.2.3.3.4. Élément mésoaméricain de basse altitude (16)

Cet élément inclut les taxons caribéens dont la distribution va du Nord du Mexique au Sud de l'Amérique centrale. Certains peuvent légèrement dépasser ces limites et arriver jusqu'au sud des États nord-américains du Texas, du Nouveau-Mexique et de l'Arizona.

Parmi les genres mésoaméricains, près de la moitié sont des Asteraceae, ce qui traduit une grande diversification de la famille dans cette aire géographique. Cet élément représente 12% du néotropical et 3.8% de l'ensemble de la flore:

<i>Aldama</i>	<i>Lasianthaea</i>
<i>Anoda</i>	<i>Milla</i>
<i>Asterohyptis</i>	<i>Milleria</i>
<i>Bommeria</i>	<i>Nissolia</i>
<i>Carminatia</i>	<i>Nyctocereus</i>
<i>Cremastopus</i>	<i>Pereskiaopsis</i>
<i>Crusea</i>	<i>Sabazia</i>
<i>Florestina</i>	<i>Tithonia</i>
<i>Galeana</i>	

Avec 94 espèces, cet élément, le deuxième en importance, regroupe 9.7% de toutes les espèces, et 18.6% des néotropicales.

<i>Acacia angustissima</i>	<i>Canavalia villosa</i>
<i>A. pennatula</i>	<i>Carminatia tenuiflora</i>
<i>Acalypha</i> aff. <i>indica</i>	<i>Ceiba aesculifolia</i>
<i>A. indica</i> var. <i>mexicana</i>	<i>Crotalaria rotundifolia</i>
<i>A. phleoides</i>	<i>Croton adspersus</i>
<i>A. unibracteata</i>	<i>C. draco</i>
<i>Acourtia reticulata</i>	<i>Crusea coccinea</i> var. <i>coccinea</i>
<i>Adiantum braunii</i>	<i>C. hispida</i> var. <i>hispida</i>
<i>Aeschynomene americana</i> var. <i>flabellata</i>	<i>C. longiflora</i>
<i>Aldama dentata</i>	<i>C. setosa</i>
<i>Ampelocissus acapulcensis</i>	<i>Cuphea wrightii</i> var. <i>wrightii</i>
<i>Asclepias contrayerba</i>	<i>Cyclanthera</i> aff. <i>ribiflora</i>
<i>A. glaucescens</i>	<i>C. dissecta</i>
<i>Asterohyptis mociniana</i>	<i>Dalea foliolosa</i>
<i>Bomarea hirtella</i>	<i>D. leporina</i>
<i>Bouvardia multiflora</i>	<i>Dyssodia tagetiflora</i>
<i>B. ternifolia</i>	<i>Echeandia macrocarpa</i>
<i>Buchnera obliqua</i>	<i>Eupatorium mairetianum</i>
<i>Calliandra houstoniana</i>	<i>Euphorbia graminea</i>
<i>Canavalia hirsutissima</i>	<i>E. ocymoides</i>

<i>Ficus cotinifolia</i>	<i>Paspalum botterii</i>
<i>F. padifolia</i>	<i>P. lentiginosum</i>
<i>Florestina pedata</i>	<i>Passiflora bryonioides</i>
<i>Galeana pratensis</i>	<i>Phaseolus leptostachyus</i>
<i>Gaudichaudia mucronata</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>
<i>Govenia liliacea</i>	<i>Polygala berlandieri</i>
<i>Heliotropium pringlei</i>	<i>Porophyllum ruderale</i> var.
<i>Heterosperma pinnatum</i>	<i>macrocephalum</i>
<i>Hilaria cenchroides</i>	<i>Priva aspera</i>
<i>Hyptis urticoides</i>	<i>P. mexicana</i>
<i>Ipomoea murucoides</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
<i>Lantana hirta</i>	<i>Schkuhria pinnata</i> var. <i>guatemalensis</i>
<i>L. velutina</i>	<i>Setaria longipila</i>
<i>Lasiacis nigra</i>	<i>Simsia amplexicaulis</i>
<i>Lippia umbellata</i>	<i>Solandra maxima</i>
<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Stillingia zelayensis</i>
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	<i>Struthanthus venetus</i>
<i>Manihot angustiloba</i>	<i>Tagetes lucida</i>
<i>Marsilea mexicana</i>	<i>T. subulata</i>
<i>Melampodium divaricatum</i>	<i>T. tenuifolia</i>
<i>M. longipilum</i>	<i>Tetramerium hispidum</i>
<i>M. perfoliatum</i>	<i>Tithonia rotundifolia</i>
<i>M. sericeum</i>	<i>T. tubiformis</i>
<i>Milla biflora</i>	<i>Tradescantia crassifolia</i>
<i>Mitracarpus villosus</i>	<i>Tragia nepetifolia</i>
<i>Oreopanax echinops</i>	<i>Tripogandra amplexicaulis</i>
<i>Pachyrrhizus erosus</i>	<i>Zinnia americana</i>
<i>Panicum lepidulum</i>	<i>Zornia thymifolia</i>

Ici encore, la famille des Asteraceae est la mieux représentée avec 20 espèces (soit 21.3%). Les Fabaceae et les Euphorbiaceae sont également nombreuses avec 15 (16.0%) et 13 (13.8%) espèces respectivement.

2.2.3.3.5. Élément mésoaméricain de montagne (17)

Les taxons qui ont une distribution confinée aux montagnes mexicaines et centra-méricaines forment un élément original et important de la flore mésoaméricaine.

Les nombres de genres et d'espèces sont pratiquement égaux à ceux de l'élément mésoaméricain de basse altitude puisqu'ils sont respectivement de 16 et 102.

Encore une fois, près de la moitié des genres sont des Asteraceae. Les Apiaceae, famille qui présente une assez bonne diversification générique dans les montagnes mésoaméricaines, comptent 3 genres:

Acourtia
Archibaccharis
Cologania
Dahlia
Didymaea
Donnellsmithia
Gongylocarpus
Loeselia

Lopezia
Minkellersia
Montanoa
Perymenium
Prionosciadium
Rhodosciadium
Trigonospermum
Zinnia

Les Asteraceae, avec 26 espèces (25.5%), sont légèrement plus abondantes que dans l'élément mésoaméricain de basse altitude. Par contre les Fabaceae le sont un peu moins (10 espèces, soit 9.8%). Trois familles représentent chacune entre 8 et 9% des espèces: ce sont les Poaceae, les Lamiaceae et les Orchidaceae (toutes des orchidées terrestres).

Aegopogon tenellus
Ageratum corymbosum
Archibaccharis schiedeana
A. serratifolia
Arracacia atropurpurea
Baccharis heterophylla
B. pteronioides
Begonia gracilis
Bommeria pedata
Bouvardia laevis
B. longiflora
Brickellia secundiflora
Buddleia cordata
B. sessiliflora
Calea scabra var. *scabra*
Calliandra grandiflora
Cestrum anagyris
Chloris submutica
Clethra mexicana
Clusia salvinii
Cologania procumbens
Commelina dianthifolia
Conyza coronopifolia
Cosmos bipinnatus
C. scabiosoides
Crotalaria longirostrata
C. mollicula
Cuscuta rugosiceps

Dahlia coccinea
Dalea lutea var. *gigantea*
D. obovatifolia var. *uncifera*
Dichanthelium cf. *albomaculatum*
Drymaria multiflora
Echinochloa holciformis
Elaphoglossum aff. *gratum*
Erythroides ovatilabia
Eupatorium areolare
E. aschenbornianum
E. muelleri
Euphorbia furcillata var. *furcillata*
E. macropus
Festuca amplissima
F. breviglumis
Fuchsia cf. *thymifolia* ssp. *minimiflora*
F. microphylla
F. parviflora
F. thymifolia
Gnaphalium liebmannii var. *monticola*
G. semiamplexicaule
Gongylocarpus rubricaulis
Habenaria clypeata
H. entomantha
Halenia brevicornis
Hedyosmum mexicanum
Hypoxis mexicana
Inga hintonii

<i>Lamourouxia multifida</i>	<i>Salvia reptans</i>
<i>Lepechinia caulescens</i>	<i>Scutellaria coerulea</i>
<i>Lopezia racemosa</i>	<i>Senecio barba-johannis</i>
<i>Malaxis carnosa</i>	<i>S. salignus</i>
<i>M. corymbosa</i>	<i>Sida barcleyi</i>
<i>Meliosma dentata</i>	<i>Solanum appendiculatum</i>
<i>Monnina xalapensis</i>	<i>S. cervantesii</i>
<i>Montanoa</i> aff. <i>frutescens</i>	<i>Spiranthes aurantiaca</i>
<i>M. leucantha</i>	<i>Spiranthes cinnabarina</i>
<i>Oxalis alpina</i>	<i>S. eriophora</i>
<i>Phacelia platycarpa</i>	<i>Stachys agraria</i>
<i>Phaseolus coccineus</i>	<i>Stevia elatior</i>
<i>Pherotrichis balbisii</i>	<i>S. viscida</i>
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	<i>Styrax ramirezii</i>
<i>P. virescens</i>	<i>Trachypogon montufari</i>
<i>Piqueria trinervia</i>	<i>Valeriana densiflora</i>
<i>Polypodium plebeium</i>	<i>V. sorbifolia</i> var. <i>sorbifolia</i>
<i>P. plesiosorum</i>	<i>Verbena carolina</i>
<i>Rorippa pinnata</i>	<i>Vicia humilis</i>
<i>Salvia</i> cf. <i>polystachya</i>	<i>Viguiera</i> cf. <i>hypochlora</i>
<i>S. cinnabarina</i>	<i>V. dentata</i>
<i>S. polystachya</i>	<i>Zephyranthes carinata</i>
<i>S. purpurea</i>	

2.2.3.3.6. Élément endémique du Mexique (18 à 22)

En dehors de l'élément mexicain, j'ai isolé les taxons endémiques de trois grandes aires géographiques qui regroupent chacune plusieurs des provinces floristiques définies par Rzedowski. Certains genres ou espèces peuvent, bien sûr, légèrement dépasser les frontières mexicaines, mais c'est en fait assez rare.

Pour les mêmes raisons que celles évoquées à propos des familles (voir section 2.1 dans ce même chapitre), l'endémisme des genres est rare puisque je n'en ai rencontré que 10 cas, soit 2.2% de l'ensemble des plantes recensées et 7.3% de l'élément néotropical. Par contre, au niveau spécifique, ces pourcentages sont respectivement de 19% et 36.4%.

2.2.3.3.6.1. Élément mexicain (18)

Je considère dans l'élément mexicain les taxons tropicaux distribués sur la quasi-totalité du territoire.

Au niveau générique, 2 familles cosmopolites, Asteraceae et Fabaceae, sont repré-

sentées respectivement par 3 et 1 genres et 4 familles tropicales et subtropicales, Amaryllidaceae, Commelinaceae, Cucurbitaceae et Malvaceae, le sont par un seul genre:

<i>Bravoa</i>	<i>Psacalium</i>
<i>Conzattia</i>	<i>Rhysolepis</i>
<i>Odontotrichum</i>	<i>Schizocarpum</i>
<i>Periptera</i>	<i>Thyrsanthemum</i>

Au niveau spécifique, Fabaceae et Asteraceae sont les mieux représentées, avec 6 et 5 espèces. Viennent ensuite, avec 2 espèces chacune, 3 autres familles cosmopolites: Lamiaceae, Poaceae et Scrophulariaceae. À ce niveau, l'élément mexicain atteint 5.1% de la flore néotropicale:

<i>Asterohyptis stellulata</i>	<i>Pennisetum crinitum</i>
<i>Bravoa geminiflora</i>	<i>Periptera punicea</i>
<i>Buddleia parviflora</i>	<i>Phaseolus microcarpus</i>
<i>Caesalpinia</i> aff. <i>mexicana</i>	<i>Phoradendron brachystachyum</i>
<i>Calliandra formosa</i>	<i>Psacalium peltatum</i>
<i>Castilleja tenuiflora</i>	<i>Salvia mexicana</i>
<i>Colubrina triflora</i>	<i>Senecio toluccanus</i>
<i>Croton morifolius</i>	<i>Solanum</i> aff. <i>verrucosum</i>
<i>Dalea reclinata</i>	<i>Sporobolus atrovirens</i>
<i>Erythrina</i> cf. <i>coralloides</i>	<i>Stevia origanoides</i>
<i>Eupatorium petiolare</i>	<i>Tinantia erecta</i>
<i>Lamourouxia dasyantha</i>	<i>Tridax coronopifolia</i>
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	<i>Verbena elegans</i>

2.2.3.3.6.2. Élément du Mexique occidental (19)

Les taxons formant cet élément ont une distribution qui va de la côte occidentale du Mexique, du Sonora au Chiapas, jusqu'au versant oriental de la Sierra Madre Occidentale, au centre de l'axe néovolcanique (État de Mexico et partie ouest de celui de Puebla) et au système montagneux du Nord de Oaxaca pour le limite est²⁶.

Pericalia (Asteraceae) est le seul genre endémique de l'Occident du Mexique.

Les espèces sont nombreuses puisqu'elles représentent 11.9% de la flore néotropicale et 32.6% de l'élément néotropical endémique du Mexique:

<i>Agonandra racemosa</i>	<i>Bunchosia palmeri</i>
<i>Astragalus</i> cf. <i>ervoides</i>	<i>Bursera bipinnata</i>
<i>Ayenia berlandieri</i>	<i>B. palmeri</i>
<i>Brickellia monocephala</i>	<i>B. penicillata</i>

<i>Cordia oaxacana</i>	<i>Pellaea seemannii</i>
<i>Cuphea jorullensis</i>	<i>Pereskiaopsis aquosa</i>
<i>Dahlia tenuicaulis</i>	<i>P. diguetii</i>
<i>Diphysa suberosa</i>	<i>Pericalia sessilifolia</i>
<i>Encyclia adenocaula</i>	<i>Phaseolus acutifolius</i> var. <i>acutifolius</i>
<i>E. linkiana</i>	<i>Phoradendron carneum</i>
<i>Eriochloa acuminata</i>	<i>Porophyllum viridiflorum</i>
<i>Euphorbia fulva</i>	<i>Psittacanthus sonorae</i>
<i>E. sphaerorrhiza</i>	<i>Randia thurberi</i>
<i>E. subreniformis</i>	<i>Rhysolepis palmeri</i>
<i>Eysenhardtia platycarpa</i>	<i>Ruellia albiflora</i>
<i>Fuchsia decidua</i>	<i>Sabazia liebmannii</i>
<i>Heliocarpus terebinthaceus</i>	<i>Salvia hirsuta</i>
<i>Inga eriocarpa</i>	<i>S. lavanduloides</i>
<i>Justicia salviiflora</i>	<i>Sarcostemma pannosum</i>
<i>Laelia autumnalis</i>	<i>Setaria latifolia</i>
<i>Lagascea helianthifolia</i>	<i>Smilax pringlei</i>
<i>Mandevilla foliosa</i>	<i>Solanum madreense</i>
<i>Melampodium longifolium</i>	<i>Verbesina</i> aff. <i>liebmannii</i>
<i>Mimosa adenantheroides</i>	<i>V. cf. greenmanii</i>
<i>M. benthamii</i>	<i>V. oncophora</i>
<i>Monnina ciliolata</i>	<i>V. sphaerocephala</i>
<i>Montanoa bipinnatifida</i>	<i>V. virgata</i>
<i>Myriocarpa brachystachya</i>	<i>Viguiera quinqueradiata</i>
<i>Odontotrichum palmeri</i>	<i>Zinnia haageana</i>
<i>Paspalum arsenei</i>	<i>Z. purpusii</i>

Les Asteraceae endémiques du Mexique occidental sont de loin les plus abondantes, avec 18 espèces, suivies des Fabaceae, avec 7 espèces, de deux familles cosmopolites, Orchidaceae (épiphytes) et Poaceae, et d'une famille néotropicale, les Burseraceae avec, chacune, 3 espèces.

2.2.3.3.6.3. Élément du Sud du Mexique (20)

Il s'agit ici des taxons néotropicaux mexicains qui ne dépassent pas le tropique du Cancer vers le nord.

Comme dans le cas précédent, un seul genre, *Digitocalia*, présente ce type de distribution.

Les espèces sont peu nombreuses: elles ne représentent que 5.4% de l'endémisme spécifique néotropical mexicain:

Bursera cuneata

Cestrum nitidum

<i>Commelina</i> cf. <i>coelestis</i> var. <i>coelestis</i>	<i>Lysiloma microphyllum</i>
<i>C. coelestis</i> var. <i>bourgeau</i>	<i>Oxalis hernandezii</i>
<i>Cynanchum foetidum</i>	<i>Salvia microphylla</i> var. <i>microphylla</i>
<i>Ehretia latifolia</i>	<i>Sida</i> cf. <i>rzedowskii</i>

2.2.3.3.6.4. Élément du Centre du Mexique (21)

Il est formé par les taxons dont l'aire de distribution, centrée sur l'axe néovolcanique transmexicain, peut parfois s'étendre, vers le nord, jusqu'à l'extrémité septentrionale du Haut Plateau mexicain et, vers le sud, jusqu'au Nord du système montagneux de Oaxaca.

Cet élément ne comprend que des espèces:

<i>Abildgaardia mexicana</i>	<i>Matelea chrysantha</i>
<i>Acalypha brevicaulis</i>	<i>M. macvaughiana</i>
<i>A. subterranea</i>	<i>Mimosa rhodocarpa</i>
<i>Agave</i> cf. <i>atrovirens</i>	<i>Minklersia multiflora</i>
<i>Albizia plurijuga</i>	<i>Nyctocereus pietatis</i>
<i>Brongniartia</i> aff. <i>lupinoides</i>	<i>Odontotrichum tussilaginoïdes</i>
<i>Cedrela dugesii</i>	<i>Opuntia fuliginosa</i>
<i>Cestrum thyrsoides</i>	<i>O. jaliscana</i>
<i>Conzattia multiflora</i>	<i>Oxalis</i> cf. <i>jacquiniana</i>
<i>Cucurbita radicans</i>	<i>Phoradendron falcatum</i>
<i>Cuphea procumbens</i>	<i>Physalis orizabae</i>
<i>Desmodium sumichrasti</i>	<i>P. sulphurea</i>
<i>Dicliptera peduncularis</i>	<i>Piqueria pilosa</i>
<i>Didymaea floribunda</i>	<i>Randia canescens</i>
<i>Digitaria jatrophioides</i>	<i>Rhodosciadium purpureum</i>
<i>Dyschoriste microphylla</i>	<i>R. toluicense</i>
<i>Erythrina breviflora</i>	<i>Ruellia lactea</i>
<i>E. leptorhiza</i>	<i>Salvia</i> aff. <i>gesneriflora</i>
<i>Eupatorium</i> cf. <i>schaffneri</i>	<i>S. amarissima</i>
<i>E. glabratum</i>	<i>S. laevis</i>
<i>Euphorbia calyculata</i>	<i>S. longispicata</i>
<i>Fuchsia fulgens</i>	<i>S. rhyacophylla</i>
<i>Gonolobus uniflorus</i>	<i>S. sp. nov.</i>
<i>Heliopsis longipes</i>	<i>Sarcostemma elegans</i>
<i>Indigofera densiflora</i>	<i>Senecio</i> aff. <i>platanifolius</i>
<i>Laelia</i> cf. <i>bancalarii</i>	<i>S. albonervius</i>
<i>Lasiantha</i> aff. <i>helianthoides</i>	<i>S. angulifolius</i>
<i>L. aurea</i>	<i>S. mexicanus</i>
<i>Macromeria</i> cf. <i>pringlei</i>	<i>S. praecox</i>

<i>Senecio sinuatus</i>	<i>Talinum tuberosum</i>
<i>S. stoechadiformis</i>	<i>Tillandsia achrostachys</i>
<i>Sicyos deppei</i>	<i>Verbena recta</i>
<i>Smilax cf. moranensis</i>	<i>Verbesina discoidea</i>
<i>Solanum cardiophyllum</i> var. <i>cardiophyllum</i>	<i>V. tetraptera</i>
<i>S. stoloniferum</i>	<i>Vernonia alamanii</i>
<i>Stenocereus queretaroensis</i>	<i>V. uniflora</i>
<i>Stevia monardifolia</i>	<i>Viguiera excelsa</i>
<i>Struthanthus microphyllus</i>	<i>V. sphaerocephala</i>
<i>Symplocos prionophylla</i>	<i>Zanthoxylum affine</i>

Avec 78 espèces, c'est le troisième élément par ordre d'importance de l'ensemble de la flore (8.0%). Ces espèces représentent 15.4% de la flore néotropicale et 42.4% des endémiques tropicales du Mexique; 29.5% sont des Asteraceae, dont près d'un tiers appartient au genre *Senecio*. Ensuite viennent les Poaceae avec 9 espèces, les Lamiaceae avec 6 (toutes du genre *Salvia*), les Solanaceae avec 5, les Asclepiadaceae et les Cactaceae avec 4, les Acanthaceae et les Euphorbiaceae avec 3, etc.

2.2.3.3.6.5. Élément du Nord du Mexique (22)

J'inclus dans cet élément les espèces (il n'y a pas de genre) dont la distribution est plus ou moins régulière dans le Nord du Mexique, de la côte pacifique à la côte atlantique, mais qui ne dépasse pas le centre de l'axe néovolcanique vers le sud:

<i>Acourtia platyphylla</i>	<i>Salvia clinopodioides</i>
<i>Brickellia peduncularis</i>	<i>Tigridia multiflora</i>
<i>Desmanthus pumilus</i>	<i>Trigonospermum annuum</i>
<i>Odontotrichum sinuatum</i>	<i>Viguiera linearis</i>
<i>Peperomia campylotrapa</i>	
<i>Perymenium buphthalmoides</i>	
var. <i>buphthalmoides</i>	

Les 10 espèces rencontrées ne représentent que 5.4% de l'élément tropical endémique du Mexique. Plus de la moitié sont des Asteraceae dont 4 appartiennent à des genres endémiques du Mexique.

2.2.4. Flore tempérée (23 à 40)

La flore tempérée est minoritaire dans la zone d'étude, avec presque la même proportion au niveau générique qu'au niveau spécifique, 17.5% et 19.1% respectivement.

2.2.4.1. Élément tempéré commun aux flores boréale et australe (23 à 26)

Les taxons tempérés distribués, de façon plus ou moins régulière, sur les deux hémisphères sont au nombre de 19 au niveau générique, soit 24.1% de la flore tempérée, et de 4 seulement au niveau spécifique, soit 2.2%.

2.2.4.1.1. Élément tempéré des deux hémisphères (23)

J'ai rencontré 11 genres (mais aucune espèce) dont la distribution englobe les zones tempérées des deux hémisphères et inclut souvent les zones montagneuses intertropicales:

Alchemilla
Bromus
Capsella
Coriaria
Cynoglossum
Gentiana

Medicago
Parthenocissus
Ranunculus
Trifolium
Urtica

Ils représentent 13.9% de la flore tempérée. Trois d'entre eux, *Capsella*, *Medicago* et *Trifolium*, ne sont présents dans la zone d'étude que par des espèces rudérales ou adventices introduites au Mexique.

2.2.4.1.2. Élément tempéré, de large distribution, mais surtout américain (24)

Deux genres de large distribution, *Lithospermum* et *Malvella*, ont leur centre de diversification maximale sur le continent américain.

Nicotiana glauca, originaire de l'Amérique australe, est très répandue comme rudérale au Michoacán. Elle a été introduite en Amérique du Nord comme dans d'autres régions tempérées, surtout méditerranéennes, de la planète.

2.2.4.1.3. Élément tempéré, de large distribution, mais surtout eurasien (25)

Il s'agit de 3 genres, *Brassica*, *Marrubium* et *Reseda*, et de 2 espèces, *Brassica campestris* et *Marrubium vulgare*, d'origine eurasienne, qui ont été introduites dans les autres régions tempérées du globe.

2.2.4.1.4. Élément tempéré de l'hémisphère sud légèrement étendu vers le nord (26)

Cet élément est constitué par 3 genres, *Acaena*, *Fuchsia* et *Piptochaetium*, qui ont une diversification maximale dans la zone tempérée de l'hémisphère sud.

Au niveau spécifique, *Coriaria ruscifolia* est incluse dans cet élément car sa distribution part de la Nouvelle-Zélande et d'autres îles du Pacifique sud et remonte jusqu'au Mexique par le massif andin.

2.2.4.2. Flore boréale (27 à 40)

Les relations floristiques entre la flore mexicaine et la flore boréale ont intéressé de nombreux auteurs (voir la section 1 dans ce même chapitre).

Les genres holartiques constituent 13.2% du total des genres et 74.7% de ceux de la flore tempérée. Au niveau spécifique, la flore boréale représente 18.7% du total et 97.8% de la flore tempérée.

2.2.4.2.1. Élément de large distribution dans l'hémisphère nord (27 à 30)

2.2.4.2.1.1. Élément circumboréal (27)

Les 15 genres circumboraux, dont la distribution la plus méridionale ne dépasse pas les montagnes de la partie septentrionale de la zone nord-tropicale, représentent 20% de la flore tempérée:

<i>Abies</i>	<i>Melilotus</i>
<i>Allium</i>	<i>Pinus</i>
<i>Arceuthobium</i>	<i>Pistacia</i>
<i>Berula</i>	<i>Quercus</i>
<i>Carpinus</i>	<i>Sedum</i>
<i>Cirsium</i>	<i>Thalictrum</i>
<i>Crataegus</i>	<i>Tilia</i>
<i>Fraxinus</i>	

Deux d'entre eux, *Berula* et *Melilotus*, ne sont présents au Mexique que par des espèces introduites. Il faut souligner le fait que 7 sont des genres arborescents (comme *Abies*, *Pinus* et *Quercus*) parmi lesquels se rencontrent les espèces végétales dominantes des sierras mexicaines.

Quatre espèces ont la même distribution et sont toutes liées au milieu aquatique (l'une, *Polygomon monspeliensis*, est d'introduction récente):

Eleocharis mamillata
Polygonum cf. lapathifolium

Polypogon monspeliensis
Typha latifolia

2.2.4.2.1.2. Élément de l'hémisphère nord et des montagnes tropicales (28)

Cet élément est formé par 14 genres holartiques (soit 7.7% de la flore tempérée) qui descendent dans la zone tropicale, parfois jusqu'à l'hémisphère sud, le long des chaînes montagneuses, essentiellement les Andes.

Alnus
Arenaria
Aster
Astragalus
Daucus
Halenia
Hieracium

Minuartia
Muhlenbergia
Osmorrhiza
Pinguicula
Viburnum
Vicia
Viola

Deux genres seulement sont arborés. Aucune espèce ne présente ce type de distribution.

2.2.4.2.1.3. Élément commun à l'Amérique et à l'Est de l'Asie (29)

Les genres tempérés bicentriques, de part et d'autre du Pacifique, sont plus rares que ceux rapportés pour la flore tropicale. Ils ne représentent que 0.7% de la flore totale et 1.6% de la flore tempérée:

Clethra
Symphoricarpos
Zanthoxylum

2.2.4.2.1.4. Élément commun à l'Amérique et à l'Ouest de l'Europe ainsi que de l'Asie (30)

Le pourcentage de genres tempérés bicentriques, Amérique-Ouest du continent eurasiatique, est le même que dans le cas précédent²⁷:

Arbutus
Helianthemum
Lupinus

2.2.4.2.2. Élément holarctique nord-américain (31 à 40)

L'Amérique centrale est incluse sous cette dénomination.

Les genres holarctiques nord-américains sont au nombre de 24 et représentent 5.4% du total et 30.4% de la flore tempérée. Les espèces sont plus abondantes puisque, avec un effectif de 177, elles constituent 18.3% de la flore et 95.7% des espèces tempérées.

2.2.4.2.2.1. Élément de large distribution nord-américaine (31 à 35)

On peut distinguer d'abord les taxons nord-américains distribués depuis le nord du continent jusqu'à l'Amérique Centrale, ensuite ceux dont la distribution est limitée à l'Est des États-Unis et au Mexique d'une part ainsi qu'au Sud des États-Unis et au Mexique d'autre part.

2.2.4.2.2.1.1. Élément nord-américain (31)

Les genres distribués dans toute la zone tempérée nord-américaine et dans les montagnes de l'Amérique Centrale (jusqu'aux Andes pour certains) représentent 2.9% de l'ensemble de la flore, 16.5% de la flore tempérée et 54.2% de l'élément holarctique nord-américain:

<i>Arctostaphylos</i>	<i>Monarda</i>
<i>Calochortus</i>	<i>Nemastylis</i>
<i>Ceanothus</i>	<i>Penstemon</i>
<i>Conopholis</i>	<i>Phacelia</i>
<i>Gaura</i>	<i>Tauschia</i>
<i>Holodiscus</i>	<i>Taxodium</i>
<i>Manfreda</i>	

Les espèces sont peu nombreuses:

<i>Bouteloua hirsuta</i>	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>
<i>Bromus carinatus</i>	<i>Polygonum hartwrightii</i>
<i>Conopholis alpina</i>	<i>Rhus radicans</i>
<i>Juncus effusus</i> var. <i>aemulans</i>	<i>Sisyrinchium angustifolium</i>
<i>Oenothera tetraptera</i>	

2.2.4.2.2.1.2. Élément commun au Mexique et aux États-Unis (32)

Deux genres, *Machaeranthera* et *Proboscidea*, et 4 espèces seulement, *Ambrosia psilos-*

tachya var. *psilostachya*, *Gaura coccinea*, *Proboscidea louisianica* ssp. *fragrans* et *Solanum rostratum*, ont une distribution plus ou moins continue depuis le Nord des États-Unis jusqu'au Mexique.

2.2.4.2.1.3. Élément commun au Mexique et à l'Est des États-Unis (33)

Seules 4 espèces, *Bothriochloa barbinodis*, *Carpinus caroliniana*, *Gibasis linearis* et *Ophioglossum engelmannii*, présentent une aire discontinue entre le Mexique et le Nord-Est des États-Unis. Ce type de relation est surtout fréquent dans l'Est du Mexique (voir Puig 1976) et même dans le Sud.

2.2.4.2.1.4. Élément commun au Mexique et au Sud des États-Unis (34)

Les 7 genres non xérophiles dont la distribution est limitée au Sud des États-Unis et au Mexique (parfois jusqu'au Nord du Guatemala) représentent 10.1% des genres tempérés:

Astranthium
Carphochaete
Garrya
Guardiola

Hexalectris
Hilaria
Pherotrichis

Au niveau spécifique, cet élément est celui, parmi la flore tempérée, qui a l'effectif le plus élevé, soit 20.5% des espèces tempérées:

Allium glandulosum
Aralia humilis
Arbutus xalapensis
Arctostaphylos pungens
Asclepias linaria
Bidens aurea
Bouteloua radicata
Carphochaete grahamii
Eleocharis montevidensis
Eragrostis intermedia
Erigeron delphinifolius
Eryngium heterophyllum
Galium cf. *mexicanum*
G. uncinulatum
Helianthemum glomeratum
Ipomoea capillacea

Leptochloa dubia
Loeselia mexicana
Machaeranthera brevilingulata
Monarda austromontana
Muhlenbergia emersleyi
Nemastylis tenuis
Oenothera laciniata
Oxalis decaphylla
Pellaea cordifolia
Physalis viscosa var. *cinerascens*
Pinus leiophylla
Pistacia mexicana
Polygonum mexicanum
Quercus rugosa
Ranunculus macranthus
Salix bonplandiana

Sambucus mexicana
Symphoricarpos microphyllus
Taxodium mucronatum

Verbena bipinnatifida
V. menthaefolia
Viola ciliata

Il n'y a pas de famille largement représentée: les Asteraceae et les Poaceae n'ont que 4 espèces chacune, les 26 autres en ont moins de 3.

2.2.4.2.2.1.5. Élément commun au Mexique et à l'Amérique centrale (35)

Un seul genre tempéré, *Bonplandia*, qui appartient à une famille américaine, est confiné aux montagnes mésoaméricaines.

Par contre cet élément est aussi important que le précédent au niveau spécifique, puisqu'il représente 19.5% du nombre d'espèces tempérées:

Abies religiosa
Alnus jorullensis ssp. *jorullensis*
Arceuthobium globosum
Aster aff. *moranensis*
Bidens ostruthioides
Bonplandia geminiflora
Ceanothus coeruleus
Celtis caudata
Crataegus pubescens
Erigeron longipes
Eryngium carlinae
Garrya laurifolia
Gaura hexandra ssp. *hexandra*
Geranium seemannii
Hieracium abscissum
H. mexicanum
Ilex brandegeana
Ipomoea tyrianthina

Lithospermum distichum
Manfreda brachystachya
Muhlenbergia cf. *distans*
Nymphoides fallax
Osmorrhiza mexicana
Penstemon campanulatus
Pinguicula macrophylla
Pinus ayacahuite var. *veitchii*
P. montezumae
P. oocarpa
P. pseudostrobis
P. teocote
Prunus serotina ssp. *capuli*
Quercus crassifolia
Ranunculus dichotomus
Tauschia nudicaulis
Trifolium amabile
Woodsia mollis

Les familles présentes sont également nombreuses, mais on peut signaler que les Pinaceae totalisent 6 espèces, soit 16.7% de l'effectif de cet élément.

2.2.4.2.2.2. Élément endémique du Mexique (36 à 40)

Un seul genre, *Lasiarrhenum*, est endémique du Mexique, soit 0.2% de la flore totale et 1.3% de la tempérée.

Les espèces endémiques, au nombre de 86, représentent 8.9% de l'ensemble de la flore et 48.1% de la tempérée.

Les types de distribution qui ont servi à définir les 5 éléments suivants sont les mêmes que dans le cas de la flore tropicale (voir la section 2.2.3.3.6. dans ce même chapitre).

2.2.4.2.2.2.1. Élément mexicain (36)

Les espèces endémiques du Mexique représentent 20.9% de l'élément tempéré endémique du Mexique:

<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Ipomoea hartwegii</i>
<i>Arctostaphylos longifolia</i>	<i>Lasiarrhenum strigosum</i>
<i>Argemone ochroleuca</i> ssp. <i>ochroleuca</i>	<i>Muhlenbergia rigida</i>
<i>Arisaema macrospatum</i>	<i>Nymphaea flavo-virens</i>
<i>Asclepias ovata</i>	<i>Penstemon apateticus</i>
<i>Cynoglossum pringlei</i>	<i>Quercus castanea</i>
<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Ranunculus petiolaris</i>
<i>Gibasis pulchella</i>	<i>Tilia mexicana</i>
<i>Ipomoea decasperma</i>	<i>Viburnum microphyllum</i>

Trois familles, Ericaceae, Convolvulaceae et Boraginaceae, comptent 2 espèces chacune. Au total 15 familles sont présentes, 1/3 plutôt tempérées, 1/3 plutôt tropicales et 1/3 cosmopolites.

2.2.4.2.2.2.2. Élément du Nord du Mexique (37)

Les espèces endémiques du Nord du Mexique sont moins nombreuses et ne participent que pour 12.8% à l'endémisme mexicain holarctique:

<i>Bouteloua curtipendula</i> var. <i>tenuis</i>	<i>Quercus resinosa</i>
<i>Ceanothus buxifolius</i>	<i>Q. sideroxyla</i>
<i>Eryngium pectinatum</i>	<i>Q. subspathulata</i>
<i>Hilaria ciliata</i>	<i>Ranunculus</i> cf. <i>geoides</i> var. <i>geoides</i>
<i>Oenothera deserticola</i>	<i>Urtica dioica</i> var. <i>angustifolia</i>
<i>Quercus laeta</i>	

La famille des Fagaceae est représentée par 4 espèces de *Quercus*, alors que les 6 autres familles ne comptent qu'une espèce. Ici une seule famille est plutôt tropicale, 3 sont plutôt tempérées et 3 cosmopolites.

2.2.4.2.2.3. Élément du Centre du Mexique (38)

C'est l'effectif le plus élevé à l'intérieur de l'élément mexicain, avec 32 espèces soit 37.2%.

<i>Asclepias notha</i>	<i>Lupinus elegans</i>
<i>Astragalus micranthus</i> var. <i>micranthus</i>	<i>Lythrum album</i>
<i>Bidens aequisquama</i>	<i>Pinus montezumae</i> f. <i>macrocarpa</i>
<i>Eragrostis plumbea</i>	<i>P. pseudostrobus</i> f. <i>protuberans</i>
<i>Galium praetermissum</i>	<i>Quercus crassipes</i>
<i>Garrya longifolia</i>	<i>Q. deserticola</i>
<i>Gentiana spathacea</i>	<i>Q. dysophylla</i>
<i>Geranium aristisepalum</i>	<i>Q. frutex</i>
<i>G. latum</i>	<i>Q. laurina</i>
<i>G. lilacinum</i>	<i>Q. martinezii</i>
<i>Gnaphalium bourgovii</i>	<i>Salix oxylepis</i>
<i>Grindelia inuloides</i> var. <i>inuloides</i>	<i>Satureja macrostema</i>
<i>Guardiola mexicana</i>	<i>Sedum oxypetalum</i>
<i>Lithospermum strictum</i>	<i>Thalictrum gibbosum</i>
<i>Lupinus</i> aff. <i>stipulatus</i>	<i>Trisetum virletii</i>
<i>L. bilineatus</i>	<i>Viola</i> cf. <i>hookeriana</i>

Les familles les mieux représentées sont les Fagaceae avec 6 espèces (*Quercus*), les Asteraceae et les Fabaceae avec 4, les Geraniaceae avec 3 et les Poaceae et les Pinaceae avec 2. Parmi toutes les familles recensées, 8 sont cosmopolites, 5 plutôt tempérées, 3 plutôt tropicales et 1 principalement américaine.

2.2.4.2.2.4. Élément du Mexique occidental (39)

Avec un total de 19 espèces, cet élément participe pour 22.1% à l'endémisme holarctique du Mexique.

<i>Arctostaphylos angustifolia</i>	<i>Pinus douglasiana</i>
<i>Aristida appresa</i>	<i>P. lawsonii</i>
<i>Astranthium condimentum</i>	<i>P. michoacana</i> var. <i>cornuta</i>
<i>Calochortus barbatus</i>	<i>P. pringlei</i>
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	<i>Quercus candicans</i>
<i>C. velatum</i>	<i>Q. gentryi</i>
<i>Erigeron velutipes</i>	<i>Q. magnoliifolia</i>
<i>Gnaphalium inornatum</i>	<i>Q. obtusata</i>
<i>Hexalectris parviflora</i>	<i>Q. scytophylla</i>
<i>Penstemon roseus</i>	

Les Fagaceae avec 4 espèces, les Asteraceae avec 5 et les Pinaceae avec 4 sont les principales familles. Au total 5 familles cosmopolites et 3 tempérées sont présentes.

2.2.4.2.2.5. Élément du Sud du Mexique (40)

Les espèces endémiques du Sud du Mexique ne constituent que 7% de l'élément endémique du Mexique. Ce sont, pour un tiers, des Fagaceae:

Argemone platyceras
Minuartia moehringioides
Quercus conspersa

Quercus peduncularis
Rubus humistratus
Ternstroemia pringlei

2.2.5. L'endémisme des régions arides (41 à 42)

Cet élément est considéré en dehors des flores tempérée et tropicale car l'une et l'autre participent à sa composition. L'intérêt, ici, est d'apprécier l'importance de la flore xérophile dans le Nord-Ouest du Michoacán et non l'endémisme des régions arides en lui-même. Les espèces endémiques des régions arides ne représentent que 4% de la flore étudiée.

2.2.5.1. Élément endémique des régions arides du Mexique et du Sud des États-Unis (41)

Eysenhardtia est le seul genre endémique de la zone aride rencontré dans la zone d'étude.

On peut juste signaler ici que la moitié des espèces endémiques du Mexique aride sont des Cactaceae du genre *Opuntia*.

Acacia schaffneri
Anoda crenatiflora
Baccharis thesioides
Bursera fagaroides
Euphorbia radians
Eysenhardtia polystachya
Forestiera phillyreoides
Jatropha dioica
Lobelia fenestralis
Macrosiphonia hypoleuca
Malvastrum bicuspidatum
 ssp. *campanulatum*

Mitracarpus breviflorus
Opuntia amyclaea
O. cf. matudae
O. chavenia
O. cochineria
O. icterica
O. joconostle
O. lasiacantha
O. lindheimeri
O. megacantha
O. nigrita
O. sarca

Opuntia streptacantha
O. tomentosa var. *tomentosa*
Quamoclit gracilis

Rhus trilobata
Tagetes micrantha

2.2.5.2. Élément endémique des régions arides du Mexique (42)

Cyclanthera tamnoides
Euphorbia cf. *collettioides*
Heliopsis annua
Hyptis albida
Ipomoea stans
Justicia furcata

Panicum decolorans
Plumbago pulchella
Prosopis laevigata
Tagetes lunulata
Verbesina stricta

Notes

- 21 Je n'ai pas tenu compte comme Sharp des trois familles Caesalpinaceae, Mimosaceae et Fabaceae (*stricto sensu*), mais seulement de celle des Fabaceae (*lato sensu* = Leguminosae), qui regroupe les trois dernières, considérées comme des sous-familles par Willis (1985) et Heywood (1985), entre autres.
- 22 Voir "Généralités et méthodologie", section 3.3, où les flores utilisées ont déjà été citées. Au niveau générique, les ouvrages suivants ont également été consultés: Good (1953), Willis (1985) et Emberger (1960).
- 23 *Castilleja* est un genre entièrement américain, à l'exception d'une espèce qui est connue en Sibérie.
- 24 Le genre *Ternstroemia* est composé de 85 espèces dont l'une est africaine.
- 25 Quelques remarques:
Ageratum est distribué principalement dans les zones montagneuses mais s'étend du Sud de la Floride jusqu'aux Antilles et à l'Amérique du Sud.
Hyptis a quelques espèces qui sont actuellement naturalisées dans le vieux monde.
Pitcairnia et *Tillandsia* comptent chacun une espèce dans l'Ouest africain.
 Quelques espèces de *Verbesina* arrivent jusque dans la zone tempérée américaine.
- 26 Les taxons qui ont une distribution réduite à la partie occidentale de l'axe néovolcanique sont inclus dans l'élément du Centre du Mexique (21).
- 27 Quelques espèces d'*Helianthemum* arrivent même au Nord du continent africain.

DEUXIÈME PARTIE

LES FORMATIONS ET LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

I. LA FORÊT DE SAPINS

1. Généralités

La forêt de sapins est caractéristique des hautes montagnes du Mexique et du Nord de l'Amérique centrale. Dans la Sierra Tarasque, la strate arborée est constituée presque exclusivement par *Abies religiosa*. Cette forêt ne se développe qu'au-dessus de plus ou moins 2 800 m. Elle occupe des aires disjointes et isolées. Dans la Sierra Tarasque, les communautés bien conservées n'existent plus, étant ou ayant été, dans un passé récent, perturbées par les activités anthropiques.

On compare souvent les forêts de sapins du Mexique aux grandes forêts de l'hémisphère nord (taïgas), mais, si physionomiquement elles sont en effet similaires, ce rapprochement doit être pondéré par de nombreuses caractéristiques propres aux forêts mexicaines, et en particulier les conditions climatiques et phénologiques (Rzedowski 1978) qui les affectent.

Flores *et al.* (1971) estiment que cette formation végétale occupe 0.16% du territoire mexicain, sa distribution étant à l'image de celle qu'elle présente dans le Michoacán. Les aires continues de plus grande extension de forêts d'*Abies religiosa* sont situées sur les volcans qui entourent la Vallée de México (Madrigal 1967); viennent ensuite d'autres massifs de l'axe néovolcanique, comme par exemple ceux de l'État de Veracruz (Navare 1985). Au sud, les forêts de sapins sont rares et encore plus réduites, les espèces caractéristiques devenant *A. hickeli* et *A. guatemalensis*. Pour la Sierra Madre Occidentale, Lesueur (1945) a décrit, dans les États de Durango et Chihuahua, quelques forêts mixtes d'*Abies* (*A. durangensis* selon Martínez 1953), *Pseudotsuga* et *Pinus*. Les forêts de sapins du Nord-Est du pays, dans la Sierra Madre Orientale, sont isolées; *A. durangensis* var. *coahuilensis*, *A. vejari* et *A. vejari* var. *mexicana* y sont fréquemment associées avec *Pseudotsuga* et *Pinus*.

2. Le biotope

Dans le Nord de la sierra, la forêt de sapins ne descend pas en dessous de 2 900 à 3 000 m d'altitude. Dans l'Ouest et le Sud, plus humides, elle se rencontre dès 2 700 m; *Abies religiosa* peut même se trouver encore plus bas, dans la forêt mésophile de montagne, jusque vers 2 500 m. La forêt de sapins se développe jusqu'à 3 400 m, au sommet du cerro de Patamban. Ces forêts, rares sur terrains plats, se situent sur les pentes parfois assez abruptes des volcans de la région.

2.1. Pédologie

Les sols qui se forment sous un bioclimat frais et humide et sur des cendres volcaniques récentes ont une évolution andique. Ils sont classés comme andosols humiques dans la classification FAO.

Ce sont des sols profonds (plus de 100 cm), humides toute l'année, dotés d'un très bon drainage interne. La litière est assez épaisse (2 à 6 cm); les restes végétaux, identifiables dans les 3 premiers centimètres du sol, sont constitués principalement d'aiguilles de sapin. Il n'y a pas de roches, ni en surface, ni dans le profil. La quantité de matière organique, élevée dans tout le profil, donne au sol une couleur noire ou brune très foncée (due également à la présence des allophanes), légèrement plus claire en profondeur.

Selon les analyses des points de contrôle de la DETENAL, sur la carte édaphique E14A21, les points 34, 38 et 45²⁸, situés dans la forêt de sapins ou à ses abords immédiats, révèlent des caractéristiques très semblables. À titre d'exemple je reproduirai les données du profil 34:

- A: 0-25 cm; pas de réaction à l'HCl; texture moyenne; structure en blocs subangulaires fine et moyennement développée. Horizon ombrique.
- B: 25-75 cm; pas de réaction à l'HCl; texture moyenne; structure en blocs subangulaires de taille moyenne et moyennement développée. Horizon cambique.

2.2. Bioclimatologie

La forêt de sapins se développe sous un climat tropical montagnard frais à saison sèche de moyenne à courte.

Il n'existe pas, dans le Nord-Ouest du Michoacán, de station climatique à ces altitudes; la station la plus proche est Agostitlán (voir Fig. 7) située au Nord-Est de l'État à 2 500 m d'altitude seulement. Dans cette station, la pluviométrie moyenne annuelle est de 1 390 mm, la température moyenne annuelle de 13.8°C, la température moyenne du mois le plus froid de 10.6°C et la saison sèche n'y dure que 3 mois, de janvier à mars.

D'après le gradient thermique, la température moyenne annuelle devrait donc se situer entre 12° et 6.5°C et la température du mois le plus froid entre 7.5° et 3.2°C pour une altitude comprise entre 2 800 et 3 400 m.

Selon l'étude des climats de la Sierra Tarasque de Reyna (1971) et les relations entre celui-ci et la végétation (Reyna 1974), les températures moyennes annuelles sont inférieures à 12°C au-dessus de 2 800 m et les précipitations varient entre 1 200 mm et 1 500 mm.

Dans la Vallée de México, pour la forêt de sapins, les précipitations moyennes annuelles varient de 1 039 à 1 390 mm, les températures moyennes annuelles de 10.5° à 12.5°C et les minima extrêmes de -5° à -11°C. Les gelées se produisent de novembre à février, surtout au-dessus de 2 900 m, et pendant 44 à 244 jours par an (Madrigal 1967).

3. Physionomie

C'est une forêt sempervirente dont la physionomie générale, très caractéristique, est due aux sapins, arbres massifs avec un houppier symétrique à l'extrémité effilée.

La strate arborée atteint 25 à 30 m de hauteur et sa couverture est comprise entre 70 et 90%. Elle est composée quasi exclusivement par *Abies religiosa*, des espèces de pins pouvant, mais rarement, s'y intégrer.

Le sapin possède un tronc droit, qui peut atteindre 1 m ou plus de diamètre et qui porte des branches horizontales régulièrement ramifiées. Les feuilles régulièrement disposées, alternes, petites (2 x 0.15 cm), linéaires, sessiles, droites et de couleur vert foncé couvrent les rameaux, opposés et souvent distiques. La phase de croissance végétative débute dans les premiers mois de l'année, en même temps que la floraison. Les cônes sessiles, solitaires et de forme cylindrico-oblongue, mesurent entre 10 et 16 cm de longueur.

Madrigal (1967) distingue, dans les forêts de sapins du centre de l'axe néovolcanique, une strate arborescente basse de 15 à 20 m de hauteur. Dans la Sierra Tarasque, les quelques espèces d'arbres (*Quercus*, *Salix* et *Clethra* essentiellement) qui atteignent cette hauteur restent isolées et ne forment pas une strate à proprement parler. Ces espèces sont caducifoliées, mais les individus sont rarement complètement défoliés. La repousse végétative annuelle, qui a lieu entre février et mars, commence alors que les feuilles du cycle précédent ne sont pas encore toutes tombées.

Une strate arbustive, verte tout au long de l'année, de 2 à 3 m de hauteur, peut être localement dense, surtout au niveau des trouées de la strate arborée. Elle est constituée par des arbustes aux feuilles grandes (*Senecio* spp.) ou moyennes (*Salvia* spp.) souvent dentées ou lobées, simples.

La strate herbacée, de 30 à 100 cm de hauteur, est claire à cause de la relative obscurité du sous-bois mais sa densité, comme celle de la strate arbustive, augmente rapidement dans les communautés plus ouvertes.

Une strate muscinale, que je n'ai pas étudiée moi-même mais qui l'a été par Madrigal (1967), couvre en général plus de 50% de la surface du sol. Si les mousses et lichens épiphytes sont abondants, les phanérogames sont pratiquement absents de cette strate. Les lianes sont rares.

De façon générale, les activités physiologiques (photosynthèse, absorption et transpiration) sont continues au cours de l'année, même si elles diminuent pendant la période plus sèche et froide, d'où l'aspect toujours vert de ce groupement. Presque toutes les espèces arbustives et arborées ont un cycle comparable: floraison de décembre à mars, suivie de la fructification de mai à septembre, puis de la phase végétative de septembre à février. Par contre un grand nombre d'espèces herbacées ont une phase végétative au début de l'année, avec floraison de juillet à octobre et fructification dans les derniers mois de l'année. Certaines espèces comme *Fuchsia thymifolia* fleurissent toute l'année.

4. Floristique

4.1. Composition floristique

La strate arborée est formée par *Abies religiosa* et par de rares individus isolés de *Pinus montezumae* f. *macrocarpa* et *P. pseudostrobus*.

Les éléments arborés bas sont: *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Salix oxylepis* et, dans les biotopes les plus humides, *Clethra mexicana*.

La strate arbustive est dominée par:

Arctostaphylos longifolia+
Cestrum anagyris
Montanoa aff. *frutescens**
Salvia aff. *gesneriflora*

Senecio aff. *platanifolius*
*Stevia monardifolia**
Ternstroemia pringlei+

Elle comprend également:

Alnus jorullensis ssp. *jorullensis*
Arracacia atropurpurea
Cestrum thyrsoides
Holodiscus argenteus
*Monnina ciliolata**+
*Odontotrichum tussilaginoïdes**

Salvia iodantha
Satureja macrostema
Senecio albonerviis
S. barba-johannis
*S. sp. 3**
Solanum cervantesii

Les plantes marquées du signe * caractérisent les peuplements ouverts résultant de coupes irrégulières des sapins. Celles qui sont suivies du signe + se développent dans les endroits les plus humides.

Les espèces de la strate herbacée, avec un recouvrement compris entre 25 et 50%, sont peu nombreuses: *Alchemilla procumbens* et *Fuchsia thymifolia*.

Les espèces abondantes ou assez abondantes mais qui ont un recouvrement faible sont:

Acaena elongata
Arenaria lanuginosa
Geranium deltoideum

Lopezia racemosa
Piqueria pilosa

Les deux dernières s'installent rapidement dans les peuplements ouverts et disparaissent par la suite.

Les autres espèces présentes sont:

Bidens ostruthioides
Castilleja agrestis

Geranium lilacinum
Oenothera deserticola

Sabazia liebmanni
Salvia cinnabarina
S. lavanduloides
S. mexicana
Senecio angulifolius

Senecio toluccanus
Sigesbeckia jorullensis
Stellaria cuspidata
Trisetum virletii

L'élément lianescent n'est représenté que par *Smilax pringlei*, mais on peut également citer les espèces herbacées grimpantes suivantes: *Didymaea floribunda*, *Galium* cf. *mexicanum* et une plante parasite envahissante dans certaines stations, *Cuscuta rugosiceps*.

4.2. Affinités floristiques

Les affinités de ce cortège floristique sont résumées dans le tableau 6.

Au niveau générique, les trois grands types de flores sont équivalents: 12 cosmopolites et subcosmopolites, 12 tropicaux et 12 tempérés, soit 31.6% du nombre total de genres dans chacun des cas. Bien qu'il n'y ait que deux genres de distribution exclusivement américaine, ils représentent tout de même 5.3% du total ce qui n'est pas négligeable. Un seul genre, d'affinité tropicale, est endémique du Mexique.

Au niveau spécifique, on est surpris par l'importance des espèces de la flore tropicale, même à ces altitudes élevées. Les espèces d'affinités tropicales, au nombre de 31, représentent 60.8% du total alors que les espèces d'affinités tempérées ne sont que 16 soit 31.4%. Les éléments les mieux représentés sont l'élément tropical méso-américain de montagne (10 espèces), l'élément tropical endémique du Centre du Mexique (9 espèces) et l'élément tempéré endémique du Centre du Mexique (6 espèces). L'endémisme mexicain (24 espèces) est très élevé puisqu'il représente 47.1% du nombre total d'espèces. On retrouve ici presque les mêmes proportions d'affinités tropicales et tempérées que précédemment, 62.5 et 37.5% respectivement.

Il existe une progression des affinités floristiques entre les strates: les taxons tropicaux, presque inexistant dans la strate arborée, deviennent les plus fréquents dans la strate arbustive (plus de la moitié des genres et des espèces) et leur proportion diminue à nouveau dans la strate herbacée (Tab. 7). Les taxons d'affinités tempérées participent pour plus de 85% à la strate arborée alors qu'ils ne représentent plus que 15 à 23% des strates arbustive et herbacée.

On peut noter que le pourcentage d'espèces endémiques du Mexique évolue également selon les strates: 30% (3 espèces) dans la strate arborée, 52.6% (10 espèces, dont 7 sont endémiques du Centre du Mexique, type de distribution numéro 21) dans la strate arbustive et 42.1% (8 espèces) dans la strate herbacée.

5. Structure

Deux relevés structuraux de 50 x 50 m ont été réalisés dans des stations aux

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	4	7.8
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	4	10.5	0	0.0
2. Surtout tempérée	4	10.5	0	0.0
3. Surtout américaine	2	5.3	0	0.0
4. Surtout tropicale	2	5.3	0	0.0
5. Surtout néotropical	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	12	31.6	0	0.0
FLORE AMÉRICAINE				
6. Américaine	2	5.3	0	0.0
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	1	2.6	0	0.0
8. Surtout américaine	0	0.0	0	0.0
9. Surtout africaine	0	0.0	0	0.0
10. Surtout asiatique	0	0.0	0	0.0
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	0	0.0	0	0.0
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	1	2.6	0	0.0
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropical	4	10.5	2	3.9
14. Andine	1	2.6	4	7.8
15. Caraïbienne	0	0.0	0	0.0
16. Mésoaméricaine de basse altitude	1	2.6	0	0.0
17. Mésoaméricaine de montagne	3	7.9	10	19.6
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	1	2.6	2	3.9
19. Mexique occidental	0	0.0	4	7.8
20. Sud du Mexique	0	0.0	0	0.0
21. Centre du Mexique	0	0.0	9	17.6
22. Nord du Mexique	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	12	31.6	31	60.8
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	1	2.6	0	0.0
24. De large distribution mais surtout américaine	0	0.0	0	0.0
25. De large distribution mais surtout eurasienn	0	0.0	0	0.0
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	2	5.3	0	0.0
27. Circumboréale	3	7.9	0	0.0
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	2	5.3	0	0.0
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	1	2.6	0	0.0
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	1	2.6	0	0.0
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINE				
31. Nord-américaine	2	5.3	0	0.0
32. Commune Mexique et États-Unis	0	0.0	0	0.0
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.0	0	0.0
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	0	0.0	3	5.9
35. Commune Mexique et Amérique centrale	0	0.0	4	7.8
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	0	0.0	1	2.0
37. Nord du Mexique	0	0.0	1	2.0
38. Centre du Mexique	0	0.0	6	11.8
39. Mexique occidental	0	0.0	0	0.0
40. Sud du Mexique	0	0.0	1	2.0
SOUS-TOTAL	12	31.6	16	31.4
FLORE ENDÉMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	0	0.0	0	0.0
42. Mexique	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	0	0.0	0	0.0
TOTAL	38	100.0	51	100.0

Tableau 6 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt mésophile de sapins selon les types de distribution (voir la section 2.2. du Chap. V de la Première Partie).

Distribution	Effectifs et pourcentages					
	Strate arborée		Strate arbustive		Strate herbacée	
INDÉTERMINÉE genres espèces	- 0	- 0.0%	- 2	- 10.5%	- 2	- 10.5%
FLORE COSMOPOLITE genres espèces	1 0	14.3% 0.0%	3 0	23.1% 0.0%	6 0	37.5% 0.0%
FLORE AMÉRICAINNE genres espèces	0 0	0.0% 0.0%	0 0	0.0% 0.0%	2 0	12.5% 0.0%
FLORE TROPICALE genres espèces	0 1	0.0% 11.1%	7 14	58.8% 73.7%	5 13	31.2% 68.4%
FLORE TEMPÉRÉE genres espèces	6 8	85.7% 88.9%	3 3	23.1% 15.8%	3 4	18.8% 21.1%
Total genres espèces	7 9	100.0% 100.0%	14 19	100.0% 100.0%	16 19	100.0% 100.0%

Tableau 7 - Affinités floristiques générales de la forêt mésophile de sapins selon les strates: arborée (avec les éléments arborés bas isolés), arbustive et herbacée.

caractères contrastés. L'une (R424, photo 4) est soumise à des coupes anarchiques de sapins et de pins²⁹ et l'autre (R405, photo 5) est indemne de toute intervention récente.

N°	Localité	Municipio	Altitude	Orientation	Pente
R405	C. La Curinda	Nahuatzen	3 050	N-NE	4
R424	C. de Patamban Pamatácuaro	Los Reyes	2 960	E-ES	4

5.1. Les paramètres structuraux

Le tableau 8 donne les paramètres structuraux moyens.

La densité et la surface terrière totales varient presque du simple au double dans les deux relevés: elles sont en moyenne de 670 ind./ha et 31.5 m²/ha.



Photo 4 - Forêt de sapins. Cerro La Curinda, municipio Nahuatzen, 3 050 m, R405.



Photo 5 - Forêt de sapins exploitée. Cerro de Patamban, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 960 m, R424.

Espèces	d_k Ind./ha	dr_k %	f_k %	fr_k %	stk cm ² /ha	str_k %	IVI_k %
<i>Abies religiosa</i>	432	64.5	96.0	39.4	185 066.0	58.8	53.9
<i>Quercus laurina</i>	102	15.2	52.0	20.8	45 947.6	14.6	16.9
<i>Pinus pseudostrobus</i>	26	3.9	24.0	9.6	59 975.2	19.0	10.8
<i>Pinus montezumae</i> f. <i>macrocarpa</i>	26	3.9	18.0	7.2	13 641.8	4.3	5.1
<i>Salix oxylepis</i>	30	4.5	22.0	8.8	3 572.2	1.1	4.8
<i>Holodiscus argenteus</i>	18	2.7	16.0	6.4	611.6	0.2	3.1
<i>Senecio albonervius</i>	14	2.1	6.0	2.4	319.0	0.1	1.5
<i>Ternstroemia pringlei</i>	12	1.8	6.0	2.4	330.0	0.1	1.4
<i>Clethra mexicana</i>	2	0.3	2.0	0.8	3 486.3	1.1	0.7
<i>Alnus jorullensis</i> spp. <i>jorullensis</i>	2	0.3	2.0	0.8	1 591.6	0.5	0.5
<i>Quercus rugosa</i>	2	0.3	2.0	0.8	229.8	0.1	0.4
<i>Arctostaphylos longifolia</i>	2	0.3	2.0	0.8	40.8	0.0	0.4
<i>Senecio</i> sp.	2	0.3	2.0	0.8	40.8	0.0	0.4
Somme	670	100.0	250.0	100.0	314 852.6	100.0	100.0
H = 1.87	E = 0.51						

Tableau 8 - Paramètres structuraux moyens de la forêt de sapins.

L'importance d'*Abies religiosa* (IVI = 53.9%) découle d'une distribution régulière, d'une densité et d'une dominance relatives élevées. Il est intéressant de noter la forte baisse de l'IVI de cette espèce entre les deux relevés: cet indice passe de 60.4% (R405) à 40.9% (R424); c'est la conséquence, dans ce dernier cas, de la coupe des individus de fort diamètre (baisse de la dominance et de l'abondance relatives) et des plus petits (baisse de l'abondance relative essentiellement).

Deux autres espèces ont un IVI supérieur à 10%: *Quercus laurina* et *Pinus pseudostrobus*, cette dernière étant peu abondante mais représentée par de gros individus. Avec exactement la même densité que la première espèce de pin, mais pour une surface

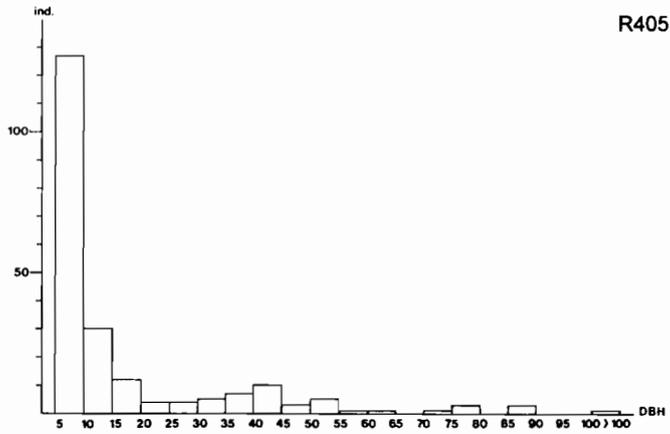


Figure 9 - Modèle de la structure totale du nombre de tiges de la forêt méso-phile de sapins (R405).

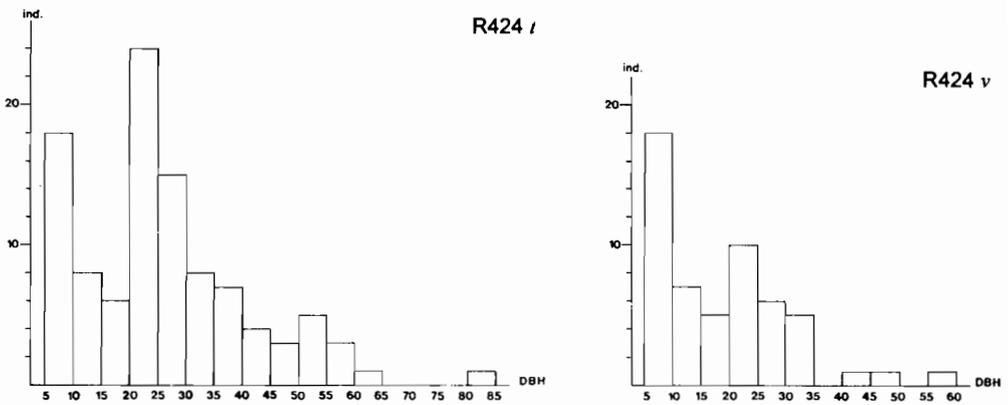


Figure 10 - Distribution du nombre de tiges d'*Abies religiosa* dans le relevé R424 (R424 v) et structure de ce peuplement en considérant les souches (R424 t).

terrière plus faible, *P. montezumae* f. *macrocarpa* a un IVI de 5,1%. Parmi les espèces arborées et par ordre d'IVI décroissant, on trouve ensuite *Salix oxylepis* (5%), puis *Clethra mexicana*, *Quercus rugosa* et *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, dont les IVI sont inférieurs à 1%. Les autres espèces sont des arbustes qui présentent des diamètres supérieurs à 5 cm³⁰: leur IVI est compris entre 3.1% et 0.4%.

Ce groupement est caractérisé par un indice de diversité faible (1.87) et une équitabilité basse (0.51) consécutives à l'abondance élevée du sapin. Au niveau des deux peuplements étudiés, la diversité est plus grande dans la station perturbée, à cause de la présence d'un plus grand nombre d'espèces et de l'abondance relativement plus faible du sapin (l'équitabilité est de 0.64 dans le relevé R424).

5.2. Structure par classe de diamètre

5.2.1. Structure totale

La répartition des individus par classe de diamètre suit le même modèle —et j'entends par "modèle" un exemple représentatif d'un type de structure par classe de diamètre qui se répète dans plusieurs relevés et/ou pour plusieurs espèces— en forme générale de L plus ou moins redressé, dans les deux relevés (Fig. 9). Une abondance de petits diamètres, de 5 à 10 cm, puis une chute rapide caractérisent la structure totale. La queue de la distribution est très longue et irrégulière. Les diamètres maxima dépassent 100 cm dans le relevé R405 et restent compris entre 70 et 75 cm dans R424. Dans ce dernier, ils correspondent à des individus de *Pinus pseudostrabus*, espèce peu exploitée à cette altitude, *Abies religiosa* ne présentant plus d'individus de gros diamètres car ils ont été abattus.

La surface terrière a une distribution irrégulière dans les deux relevés: pour l'un (R405) le maximum atteint la classe 85-90 cm, pour l'autre (R424) il ne dépasse pas la classe 55-60 cm. Dans la station sans perturbation actuelle, 75% des surfaces terrières sont regroupées dans les diamètres supérieurs à 40 cm. Par contre, dans la station exploitée, les arbres de plus de 40 cm de diamètre totalisent 54% seulement des surfaces terrières.

5.2.2. Structure par espèces

Seule la structure d'*Abies religiosa* permet une étude détaillée. En effet, les espèces arbustives ne sont présentes que dans la première classe de diamètre et une structure irrégulière et erratique caractérise les espèces peu abondantes: *Quercus rugosa*, *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Pinus* spp. et *Clethra mexicana*. Par contre, *Salix oxylepis* (R405) et *Quercus laurina* (R405, R424) ont une structure en L traduisant une bonne régénération de ces espèces.

La distribution des individus d'*Abies religiosa* dans le relevé R405 présente une



Photo 6 - Prairie de montagne induite. Cerro La Curinda, municipio Nahuatzen, 3 000 m.

forme de L redressé entre 5 et 30 cm et une deuxième partie plus irrégulière (identique au modèle de la Fig. 9). Il s'agit d'une espèce de lumière mais qui est tolérante à l'ombre. Elle a une régénération active après une coupe ancienne. Des individus qui témoignent du peuplement d'origine persistent au-dessus de 30 cm de diamètre.

La structure d'*A. religiosa* dans le relevé R424 (Fig. 10) met en évidence deux, voire trois sous-ensembles structuraux. Une première partie, entre 5 et 20 cm, en forme de L légèrement surbaissé, montre la régénération du sapin, encore faible dans un peuplement toujours exploité. La deuxième partie n'est plus qu'un vestige de la population précédente: les effectifs des classes de diamètres supérieurs à 20 cm ont été amputés de nombreux individus; ce dernier point est parfaitement visible si on compare la courbe avec celle obtenue en considérant les souches, en plus des arbres sur pied (Fig. 10). La première partie de l'histogramme précédent se répète entre 20 et 50 cm de DBH et on peut même observer des vestiges d'une exploitation encore plus ancienne entre 50 et 85 cm.

6. Régénération

Après une coupe rase de la forêt de sapins s'installe une prairie de montagne (photo 6) dominée par des graminées en touffes (*Festuca*, *Muhlenbergia* et *Stipa*) et dans laquelle on trouve, entre autres, *Acaena elongata*, *Oenothera deserticola*, *Senecio angulifolius*, *S. toluccanus* et *Solanum cervantesii*. Le pâturage et les incendies qui l'accompagnent peuvent stabiliser ces prairies secondaires. La régénération débute en général à partir d'une forêt éclaircie. Dans un premier temps, quelques espèces herbacées comme *Alchemilla procumbens*, *Lopezia racemosa*, *Piqueria pilosa*, *Stevia monardifolia* et *Trisetum virletii* colonisent rapidement les zones ouvertes; puis se développe une strate arbustive dense, dominée par *Arctostaphylos longifolia*, *Cestrum anagyris*, *Montanoa* aff. *frutescens* ou *Senecio* spp.; *Quercus laurina*, *Salix oxylepis* et *Pinus pseudostrobus* deviennent alors plus abondantes. La régénération d'*Abies religiosa* est rapide et importante grâce à la fructification des individus conservés.

7. Conclusion

La forêt mésophile de sapins est un groupement caractérisé par une faible amplitude écologique et sa distribution est ainsi clairement limitée. Elle ne se développe qu'au-dessus de 2 800 m, dans des conditions de basses températures et d'humidité élevée; cette dernière étant due au volume des précipitations mais, surtout, à leur répartition au cours de l'année qui ne laisse qu'une courte saison sèche. *Abies religiosa*, au-dessous de cette altitude, ne s'implante que dans des sites protégés, où la compétition est élevée avec les pins, chênes et autres latifoliées de la forêt mésophile de montagne.

La régénération des forêts mésophiles de sapins est satisfaisante: leur accès souvent difficile rend presque impossible une exploitation à grande échelle de ces communau-

tés forestières. Par contre, quand elles se situent à proximité d'un village et que la pression anthropique est forte, ces forêts disparaissent rapidement: en effet, lorsque des coupes rases sont pratiquées, soit pour l'agriculture soit pour l'exploitation du bois, la régénération d'*Abies religiosa* est beaucoup plus lente et difficile face à la compétition des pins; pour la plupart héliophiles, ces derniers s'implantent plus rapidement dans ces stations, d'autant plus que le pédoclimat plus sec des surfaces déforestées (donc soumises aux radiations solaires directes) défavorise le sapin, plus ombrophile. Les champs, après leur abandon, peuvent également être envahis par un tapis graminéen dense qui bloque la germination des graines de conifères en général. La stabilisation de ces prairies subalpines induites est d'autant plus durable que le pâturage, bovin mais aussi ovin, et les incendies qui y sont associés constituent des facteurs supplémentaires de stabilité.

La flore de ce groupement est caractérisée par un nombre relatif élevé d'espèces tropicales dans les strates inférieures qui résulte d'une spéciation *in situ* de taxons spécifiques (appartenant à des genres tropicaux mais, surtout, cosmopolites et subcosmopolites). Ces derniers ont une écologie stricte, liée aux conditions climatiques des hautes montagnes mésoaméricaines et/ou mexicaines.

Notes

- 28 Localisation des points de contrôle: 34, sud-ouest du cerro El Capén, 3 080 m; 38, est du cerro San Marcos, 2 920 m; 45, pointe du cerro El Chivo, 3 200 m.
- 29 Les coupes sont irrégulières tant dans le temps que pour le type d'arbres exploités. Des sapins et des pins sont abattus individuellement et de façon très artisanale. Les arbres de gros diamètre sont mal rentabilisés: une grande partie du tronc est abandonnée sur place parce qu'il ne peut être descendu à dos d'âne ou de cheval; le travail commence sur place et les déchets (écorces, copeaux, etc.) pourrissent alors qu'ils pourraient alimenter les feux des foyers.
- 30 L'abondance, la fréquence et la dominance ne sont pas celles que ces espèces ont réellement dans le groupement car elles correspondent seulement à la population des individus de plus de 5 cm de diamètre.

II. LES FORÊTS DE PINS

1. Généralités

Cette formation est caractérisée par la dominance d'une ou de plusieurs espèces de pins. Les peuplements sont rarement purs, des feuillus étant également présents et leur importance varie selon les stations, principalement en fonction des types d'interventions anthropiques. En effet, cette forêt, qui recouvrait originellement la quasi-totalité de la Sierra Tarasque³¹, a vu son aire de répartition réduite par l'agriculture. Les peuplements actuels subissent toujours une forte pression humaine (voir la section 2.1. du Chap. IV de la Première Partie).

La présence de feuillus, surtout de chênes (*Quercus* spp.) dans les strates arborées, a amené de nombreux auteurs à individualiser, au Mexique, les forêts de pins, celles de pins et chênes et celles de chênes et pins (le premier genre cité marquant la dominance). D'autres parlent de forêts mixtes de pins et chênes, sans précision sur la dominance de l'un ou l'autre. Les trois premiers termes sont ceux qu'emploie en particulier la DETENAL, dans les cartes d'utilisation du sol. Rzedowski (1978), dans sa synthèse sur la végétation du Mexique, ne considère que deux types de grandes formations: les forêts de *Pinus* et les forêts de *Quercus*; cette distinction me semble particulièrement bien adaptée à la végétation du Nord-Ouest du Michoacán, les deux formations étant bien individualisées, du point de vue tant écologique que floristique et structural. Il peut cependant exister une certaine ambiguïté dans les zones écotonales, entre forêt mésophile de montagne et forêt de pins d'une part, et entre cette dernière et forêt de chênes d'autre part; c'est notamment le cas pour des peuplements secondaires du groupement mésophile où les espèces de chênes peuvent être codominantes ou même dominantes après une coupe des pins.

Au Mexique, les forêts de pins ont une distribution qui coïncide avec celle des grands massifs montagneux. Elles sont présentes, avec une plus ou moins grande extension, dans tout le territoire mexicain, à l'exception de la péninsule du Yucatan. Même dans la grande zone aride du Haut Plateau central, elles existent sur de nombreux petits massifs montagneux. L'aire actuellement couverte de forêts de pins doit approximativement représenter 5% du territoire mexicain, valeur qui devait être au moins deux à trois fois plus élevée avant l'occupation humaine des hautes terres du Mexique (Rzedowski 1978).

Les groupements hygrophiles et méso-hygrophiles, comme ceux qui sont dominés par *Pinus patula* et *P. pseudostrobus* et que décrit Puig (1976) dans la Huastèque, ne rencontrent pas les conditions d'humidité suffisantes dans la zone d'étude, d'où ils sont donc absents. *P. pseudostrobus* peut être fréquent au-dessus de 2 500 m, surtout au contact de la forêt mésophile de montagne et de la forêt de sapins, mais il ne forme

pas véritablement un groupement méso-hygrophile³². Une autre espèce caractéristique des groupements hygrophiles, *P. ayacahuite*, présente une distribution réduite à une seule station, le cerro de la Palma, à l'extrême sud-ouest de la Sierra Tarasque. Quant aux forêts xérophiles de pins, comme les forêts de *P. cembroides* du Nord du Mexique étudiées par Passini (1982), elles n'arrivent pas jusque dans la dépression du Lerma; pourtant, les conditions écologiques pourraient leur être favorables dans certains biotopes (Passini com. pers.).

Dans le Nord-Ouest du Michoacán, la forêt de pins est constituée par deux groupements physionomiquement semblables (c'est pourquoi ils sont regroupés dans la même formation) mais dont l'écologie et la composition floristique sont bien individualisées, l'un étant mésophile et l'autre thermophile.

La forêt mésophile de pins se distribue plus ou moins régulièrement, tout au long de l'axe néovolcanique, entre 2 000 et 2 800 m (3 000) d'altitude, sous une pluviométrie de 800 à 1 400 mm/an (voir Rzedowski 1978 ainsi que par exemple Rzedowski 1965; Rzedowski et McVaugh 1966; Ern 1976 et Osorio 1984). Des groupements comparables, tant par leur composition floristique que par leurs caractéristiques écologiques, ont été décrits dans d'autres régions du Mexique; on peut citer:

- le groupement mésophile de la forêt aciculifoliée, dans la Sierra Madre Oriental, situé entre 1 000 et 2 500 m d'altitude, souvent sous forme de masses pures de *Pinus teocote* ou *P. greggii* ou en association avec *P. montezumae* (Puig 1976);
- dans la Sierra Madre Occidentale, plus précisément dans sa partie ouest, entre 2 300 et 2 700 m d'altitude, au niveau des États de Durango et de Sinaloa, Loock (1950) et Maysilles (1959) décrivent une forêt de pins relativement dense et haute, dominée par *Pinus durangensis* et *P. cooperi*, parfois associés à *P. teocote* et *P. leiophylla*;
- dans le Sud du Mexique, *Pinus montezumae* et *P. teocote* forment des forêts mésophiles en diverses localités de l'État du Chiapas, au-dessous de 2 800 m (Miranda 1952).

La forêt thermophile de pins est caractérisée par la dominance de *Pinus oocarpa*. C'est le groupement de la forêt de pins qui descend le plus bas en zone tropicale chaude: il se rencontre jusqu'à 300 m d'altitude dans la zone d'Arriaga (Chiapas) dans l'isthme de Tehuantepec (Miranda et Hernández 1963) et jusqu'à 500 m dans la région des Tuxtlas (Veracruz) (Sousa 1968); il est à ce niveau en contact direct avec la forêt tropicale de basse altitude. Cette forêt thermophile de pins est surtout présente dans la partie occidentale du Mexique, depuis le Sinaloa jusqu'au Chiapas. Voici quelques exemples de communautés de ce type au Mexique:

- Gentry (1946b) décrit une forêt de pins et chênes, située à plus ou moins 1 800 m d'altitude dans la sierra de Surotato, à l'extrême sud du Sinaloa. Les espèces les plus importantes, outre *Pinus oocarpa*, y sont: *P. macrocarpa*, *P. ayacahuite* et *Quercus* spp.;
- dans les forêts de pins de Nouvelle-Galice, entre 1 000 et 2 500 m, Rzedowski et McVaugh (1966) signalent que l'espèce la plus commune, en général dominante, est *Pinus oocarpa*, souvent accompagnée de *P. michoacana* et parfois de *P. douglasiana* et *P. leiophylla*;

- *Pinus oocarpa* est également l'espèce la plus fréquente dans la Sierra Madre del Sur, où les forêts de pins sont situées en dessous de 2 200 m, en mosaïque avec une forêt de chênes (Rzedowski 1978);
- au Chiapas, les forêts de *P. oocarpa* sont les plus répandues, surtout au-dessous de 2 000 m, mais, selon Miranda (1952), elles peuvent atteindre 3 000 m d'altitude.

2. La forêt mésophile de pins

2.1. Le biotope

Dans la Sierra Tarasque, elle se développe sur roches mères volcaniques: cendres ou roches extrusives, basalte essentiellement. Elle occupe l'étage situé entre 2 000 et 2 800 m, parfois 3 000 m. A sa limite supérieure, elle est en contact avec la forêt de sapins et, au-dessous de 2 000 m, avec la forêt de chêne au nord, et avec la forêt thermophile de pins à l'ouest et au sud-ouest.

2.1.1. Pédologie

Étant donné la jeunesse du substrat géologique, les sols de la forêt mésophile de pins sont en général peu évolués, lithosols, ou peu différenciés, andosols, ces derniers étant dominants. Néanmoins cette forêt peut également être présente sur des sols plus évolués, les sols bruns eutrophes tropicaux.

2.1.1.1. Lithosols

Les lithosols ont un profil AC classique. La litière est en général épaisse (de 3 à 5 cm) et constituée en grande partie par des aiguilles de pins. L'horizon A, irrégulier, avec de nombreuses roches qui affleurent, mesure au maximum 15 à 20 cm de profondeur; il est noir, riche en matière organique. Ces sols ont un très bon drainage interne, la roche mère de type basaltique étant très perméable.

2.1.1.2. Andosols

Deux profils sont décrits: le premier correspond à un andosol ochrique et le second à un andosol humique selon la classification FAO.

Andosol ochrique: profil (point de contrôle 7, DETENAL, 1982, E14A21) situé à moins d'un kilomètre au sud de Barranca Honda (municipio Zacapu), à 2 300 m d'altitude:

- A: 0-13 cm; réaction HCl nulle; brun foncé; texture: limon fin; structure en blocs fins, moyennement développée. Horizon ochrique.
- B: 13-70 cm; brun grisâtre très foncé; texture limono-argileuse; structure en blocs subangulaires moyens, moyennement développée. Horizon cambique.

C'est un sol de plus d'un mètre de profondeur présentant un très bon drainage interne et ne présentant pas d'éléments grossiers.

Andosol humique: profil (point de contrôle 8, DETENAL, 1983, E13B29) situé au nord-est du cerro La Alberca (municipio Charapan) à 2 440 m d'altitude:

- A: 0-29 cm; pas de réaction à l'HCl; brun grisâtre foncé; texture limono-sableuse; structure en blocs subangulaires, de taille moyenne, moyennement développée. Horizon ombrique.
- B: 29-110 cm; pas de réaction à l'HCl; brun à brun jaunâtre; texture équilibrée; structure en gros blocs, moyennement développée. Horizon cambique.

Comme dans le cas précédent, le drainage interne est très bon et les éléments grossiers sont absents.

2.1.1.3. Sols bruns eutrophes tropicaux (cambisols, FAO)

Ce sont des sols peu développés, jeunes, très acides et pauvres. Ils sont peu fréquents en forêt mésophile de pins, mais on en trouve autour d'Erongarícuaro, à l'extrême sud-est de la zone d'étude, et à l'ouest de Cherán où ils sont entièrement mis en culture dans une grande plaine.

L'exemple décrit est un profil (point de contrôle 51, DETENAL, 1982, E14A21) situé à un peu plus d'un kilomètre au nord-ouest d'Erongarícuaro à 2 140 m:

- A: 0-23 cm; pas de réaction à l'HCl; brun; texture équilibrée; structure en blocs de taille fine, moyennement développée. Horizon ochrique.
- B: 23-50 cm; brun; texture équilibrée; structure en blocs subangulaires, de taille moyenne, moyennement développée. Horizon cambique.

Le drainage interne est bon.

2.1.2. Bioclimatologie

La forêt mésophile de pins se développe sous deux bioclimats:

- tropical montagnard assez frais, subhumide, à saison sèche moyenne;
- tropical montagnard, frais, à saison sèche de moyenne à courte.

Une seule station, Pátzcuaro (10 années d'observation, de 1973 à 1982), est disponible. Elle n'est pas dans la zone d'étude mais peut être utilisée car, située à une quinzaine de kilomètres seulement à l'extrême sud-est, elle semble bien représentative du climat de ce groupement.

2.1.2.1. Les températures

Les températures moyennes annuelles de la forêt mésophile de pins varient de 11.5° à 18°C et l'amplitude thermique annuelle reste faible, de l'ordre de 6°C. L'amplitude diurne des températures est maximale en janvier, où elle est égale à 20°C, et minimale en septembre, avec une valeur de 11°C (Barrera 1986).

Les températures maximales extrêmes sont, pour les plus élevées, juste avant la saison des pluies, en mai (30°C en moyenne), et pour les plus faibles, en décembre (23°C). La moyenne la plus froide des températures minimales extrêmes est relevée en janvier (3°C) et la plus douce en juin (13°C). Le nombre de jours de gelée moyen annuel est peu élevé à Pátzcuaro (29 jours), mais on n'y enregistre que 4 mois (de juin à septembre) qui soient libres de gelées (Barrera 1986). Ce nombre de jours de gelée peut atteindre 58 à 2 513 m d'altitude, à l'est de la portion qui appartient au Michoacán de l'axe néovolcanique (Labat 1985), et il doit encore augmenter vers la limite altitudinale supérieure de ce groupement.

À Pátzcuaro, janvier est le mois le plus froid, avec une température moyenne de 12.8°C. Selon les années, elle peut varier de 12 à 13.8°C. Pour l'ensemble du groupement, en se basant sur le gradient thermique calculé pour le mois de janvier, la température du mois le plus froid devrait être comprise dans une fourchette allant de 7.5° à 13°C. La température du mois le plus chaud est basse à Pátzcuaro (18.6°C); elle est enregistrée en mai et juin. De façon générale, la variabilité interannuelle des températures est assez faible.

2.1.2.2. La pluviométrie et la saison sèche

Les précipitations sont comprises entre 1 000 et 1 400 mm par an, un peu moins parfois, comme c'est le cas à Pátzcuaro (971 mm, Fig. 11), où elles sont concentrées pendant la période estivale, entre mai et octobre. Dans cette localité, la saison sèche dure 6 mois mais, à des altitudes plus élevées, elle peut se réduire à trois mois (voir la section 5. du Chap. III de la Première Partie).

Dans cette station, la variabilité interannuelle des précipitations (Fig. 12) montre que les mois de juin à septembre ont toujours plus de 90 mm de pluie. Les précipitations restent donc largement supérieures à 2T et ces variations n'ont aucun effet sur la végétation. Les précipitations, de décembre à mai, sont toujours inférieures à 2T (en faisant abstraction d'une précipitation exceptionnelle en janvier 1980): cette période de 5 mois constitue donc la saison sèche théorique la plus courte. Avril et novembre ne sont que rarement humides ($2T > Q_1$); quant à mai et octobre, ils peuvent être des mois secs dans un peu plus d'une année sur quatre ($Q_1 < 2T < Q_2$): la saison sèche est donc assez rarement plus longue que la valeur moyenne de 6 mois.

La saison sèche est également caractérisée par un très faible nombre de jours de pluie, égal à 11 en moyenne d'octobre à avril (Fig. 11); une année sur quatre, il ne pleut pas pendant un ou plusieurs des mois, de janvier à mars et, une année sur deux, il ne

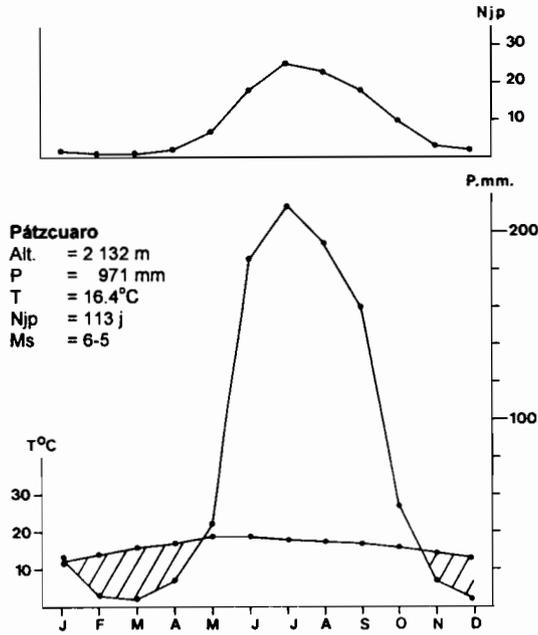


Figure 11 - Diagramme ombrothermique de la forêt mésophile de pins.

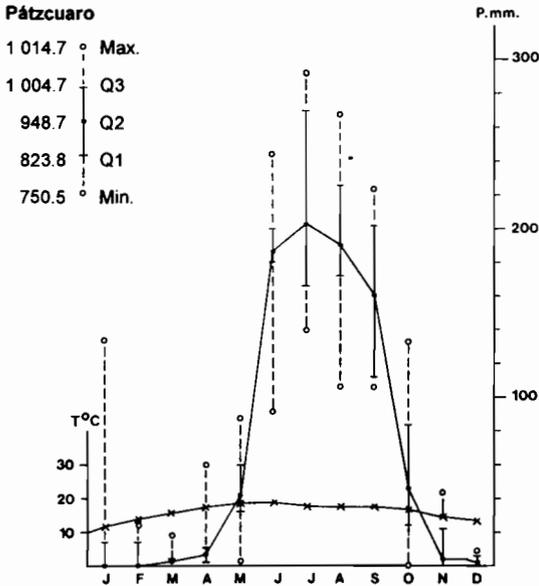


Figure 12 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt mésophile de pins.

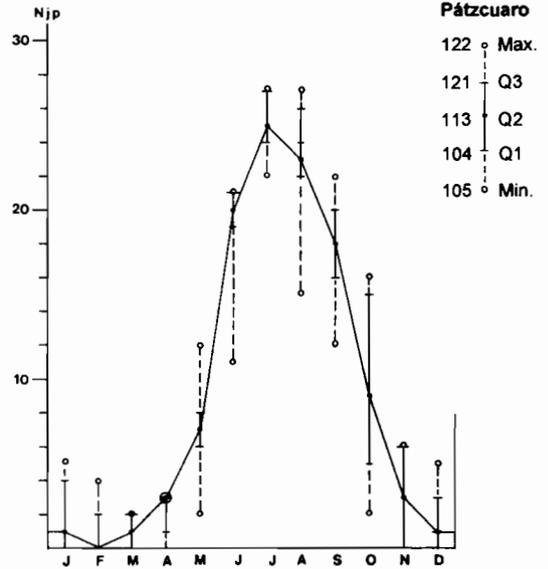


Figure 13 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt mésophile de pins.

pleut pas en février (Fig. 13). Le nombre de jours de pluie est en moyenne de 113 par an, août et, surtout, juillet étant régulièrement les plus couverts; une année sur deux, il pleut 26 ou 27 jours par mois pendant ce bimestre (Fig.13).

2.1.2.3. Année probable

Elle est pour Pátzcuaro³³:

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T	12.1	13.2	15.3	17.0	18.2	18.2	17.1	17.0	17.2	15.9	14.1	12.2
°C:	13.4	15.0	15.8	17.8	19.0	19.1	18.2	18.2	17.8	16.5	14.6	13.2
P	0	0	0	3	33	170	166	173	111	24	43	8
mm:	14	15	4	10	60	201	269	226	202	84	23	7
Njp:	0	0	0	1	6	19	24	22	16	5	0	1
	4	2	2	3	8	21	27	26	20	15	6	3
Annuel:	T:		15.7		P:	824		Njp:	105	Mois secs:		6
			16.8			1 005			121			7

Cette année probable de Pátzcuaro représente en fait les limites inférieures pour P et Njp et supérieures pour T des paramètres climatiques de la forêt mésophile de pins.

2.2. Physionomie

Ce sont des forêts de 15 à 25 m de hauteur, habituellement fermées, mais dont le degré de couverture enregistre de grandes variations selon le type de dégradation anthropique.

Une ou plusieurs espèces de pins constituent la strate supérieure, sempervirente. Leur tronc, généralement droit et haut, ne se ramifie que dans la partie haute, formant un houppier plus ou moins hémisphérique. Les individus isolés ou croissant dans des communautés ouvertes ont un port différent: les ramifications commencent plus bas sur le tronc et le houppier a une forme plus conique.

Les espèces de pins dominantes sont caractérisées par:

- des cônes moyens et des aiguilles courtes:
 - ◇ *Pinus leiophylla*: aiguilles de couleur vert-grisâtre, fines, droites, de 8 à 15 cm de long, au nombre de 5 par fascicule et cônes pédonculés, persistants, symétriques, de forme ovoïde à conique, de 4 à 6 cm de long;
 - ◇ *P. teocote*: aiguilles de couleur vert foncé, brillantes, rigides, droites, de 10 à 15 cm de long, au nombre de 3 par fascicule et cônes courtement pédonculés, décidus, symétriques, ovoïdes, de 3.5 à 6.5 cm de long;
- des cônes longs et des aiguilles longues:

- ◇ *P. montezumae*: aiguilles de couleur vert foncé, épaisses, pendantes, de 15 à 45 cm de long, fasciculées par 5 et cônes subsessiles, semidécidus, légèrement courbes, de forme longuement ovoïde à conique, de 8.5 à 15 cm de long;
- ◇ *P. pseudostrobus*: aiguilles de couleur vert intense, fines, flexibles, de 17 à 24 cm de long, au nombre de 5 par fascicule et cônes subsessiles, décidus, légèrement courbes et dissymétriques, de forme ovoïde à oblongue, de 8 à 12 cm de long.

Quelques arbres latifoliés, qui constituent normalement la strate inférieure, peuvent atteindre cette strate supérieure; il s'agit de *Quercus crassipes*, *Q. obtusata*, *Q. laurina* et *Arbutus xalapensis*.

Une strate arborée basse de 8 à 12 m de haut est souvent présente mais reste peu dense. Elle est constituée par des espèces de feuillus appartenant essentiellement aux genres *Quercus*, *Alnus* et *Arbutus*. Les chênes dominent, les espèces les plus abondantes étant les suivantes:

- *Quercus crassipes*, au feuillage dense constitué de feuilles petites à moyennes (4 à 9 cm de long par 1 à 4 cm de large), entières, dures, de couleur vert foncé à la face supérieure et jaunâtre à la face inférieure tomenteuse;
- *Q. obtusata* et *Q. subspathulata* aux feuilles de grande taille (5 à 21 cm de long pour 2 à 13 cm de large) à bord sinueux et denté, pubescentes à glabres à la face inférieure.

Cette strate est caducifoliée pendant une courte période (février à mars) ou subsem-pervirente. Certaines espèces, comme *Q. crassipes*, débourent, généralement en avril, alors que les feuilles de l'année précédente ne sont pas encore tombées. *Q. laurina*, espèce plus mésophile aux feuilles pratiquement glabres, entières et assez souples, est plus fréquente aux altitudes les plus hautes (entre 2 500 et 2 800 m).

Une strate arbustive, subcaducifoliée, atteignant 2 à 3 m de haut, est parfois présente: elle est absente des forêts pâturées, donc incendiées régulièrement; par contre elle peut être dense dans les stations peu perturbées et dans les peuplements qui ont subi une coupe sélective des pins.

La strate herbacée de 1 m, ou moins, de hauteur est constituée essentiellement par des hémicryptophytes, des chaméphytes et des thérophytes qui, pendant la saison sèche, donnent au sous-bois un aspect dénudé et jaunâtre caractéristique.

2.3. Floristique

2.3.1. Composition floristique

Pinus pseudostrobus forme des peuplements purs ou est associé à *P. montezumae* et *P. teocote* dans les stations les plus humides ou les plus fraîches, généralement au-dessus de 2 600-2 700 m. Au-dessous de cette altitude, les peuplements dominés par *P. leiophylla* sont les plus fréquents, surtout dans le Nord de la sierra où la strate arborée supérieure est parfois monospécifique. À cette dernière espèce sont souvent associés

P. montezumae et *P. teocote*, qui ne forment qu'assez rarement des massifs forestiers purs. Sont également présents *P. pseudostrobus* f. *protuberans* et *P. montezumae* f. *macrocarpa*. *P. michoacana* var. *cornuta* est, parmi les espèces du groupement thermophile de la forêt de pins, celle qui atteint les plus hautes altitudes dans la forêt mésophile. On peut la rencontrer jusqu'à 2 550 m dans le Nord de la sierra, où elle n'est représentée que par des individus isolés.

Les espèces dominantes dans la strate arborée inférieure sont:

<i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>jorullensis</i>	<i>Quercus obtusata</i>
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Q. subspathulata</i>
<i>Quercus crassipes</i>	

J'ai également rencontré les espèces suivantes (celles qui sont marquées du signe * sont caractéristiques des stations les plus humides):

<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Quercus crassifolia</i>
<i>Crataegus pubescens</i> *	<i>Q. dysophylla</i>
<i>Pistacia mexicana</i>	<i>Q. laurina</i> *
<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i> *	<i>Q. martinezii</i>
<i>Quercus castanea</i>	<i>Q. rugosa</i>
<i>Q. conspersa</i>	<i>Viburnum microphyllum</i> *

La strate arbustive est dominée par une ou plusieurs des espèces suivantes:

<i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>jorullensis</i>	<i>Lupinus elegans</i>
<i>Baccharis heterophylla</i> +	<i>Odontotrichum sinuatum</i>
<i>Eupatorium glabratum</i>	<i>Senecio salignus</i> +

Elle est également constituée par:

<i>Archibaccharis serratifolia</i> *	<i>Eupatorium</i> sp.2
<i>Arctostaphylos longifolia</i> *	<i>Fuchsia cylindracea</i>
<i>A. pungens</i> *	<i>F. microphylla</i>
<i>Buddleia sessiliflora</i> +	<i>Satureja macrostema</i> *
<i>B. sp.</i>	<i>Senecio albonervius</i> *
<i>Cestrum anagyris</i>	<i>S. sp.2</i>
<i>C. thyrsoideum</i>	<i>Solanum</i> sp.
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	<i>Ternstroemia pringlei</i> *
<i>Coriaria ruscifolia</i> +	<i>Verbesina oncophora</i>
<i>Crataegus pubescens</i> *	<i>V. sphaerocephala</i> +
<i>Eupatorium aschenbornianum</i> *	<i>Viburnum microphyllum</i> *

Parmi les espèces de la strate arbustive, celles qui sont marquées du signe * ne se

développent que dans les stations les plus humides et celles qui sont suivies du signe + sont caractéristiques des peuplements perturbés et/ou secondaires.

La strate herbacée est dominée par les espèces suivantes:

- Couverture pouvant être supérieure à 50%:

Alchemilla procumbens
Baccharis pteronioides
Piptochaetium virescens

- Couverture comprise entre 25 et 50%:

<i>Fuchsia thymifolia</i>	<i>Salvia lavanduloides</i>
<i>Pteridium aquilinum</i>	<i>S. mexicana</i>

- Les plantes abondantes mais à faible recouvrement sont:

<i>Acaena elongata</i>	<i>Lobelia nana</i>
<i>Cologania broussonetii</i>	<i>Loeselia mexicana</i>
<i>Crotalaria rotundifolia</i>	<i>Muhlenbergia cf. distans</i>
<i>Cuphea jorullensis</i>	<i>Oxalis corniculata</i>
<i>Daucus montanus</i>	<i>Phacelia platycarpa</i>
<i>Desmodium molliculum</i>	<i>Physalis viscosa</i> var. <i>cinerascens</i>
<i>Dioscorea minima</i>	<i>Piqueria trinervia</i>
<i>Geranium deltoideum</i>	<i>Ranunculus petiolaris</i>
<i>Gnaphalium liebmannii</i> var. <i>monticola</i>	<i>Salvia cinnabarina</i>
<i>Helianthemum glomeratum</i>	<i>Stevia serrata</i>
JNL 863 (Poaceae)	<i>Trifolium amabile</i>

Les espèces herbacées, peu abondantes ou rares, sont:

<i>Adiantum poiretii</i>	<i>Buddleia sessiliflora</i>
<i>Anagallis arvensis</i> f. <i>arvensis</i>	<i>Carphochaete grahamii</i>
<i>Anthericum torreyi</i>	<i>Castilleja tenuiflora</i>
<i>Arenaria lanuginosa</i>	<i>Cirsium conspicuum</i>
<i>Aster</i> aff. <i>moranensis</i>	<i>Commelina coelestis</i> var. <i>bourgeauii</i>
<i>Astranthium condimentum</i>	<i>Cyperus incompletus</i>
<i>Bacopa procumbens</i>	<i>C. lanceolatus</i>
<i>Begonia gracilis</i>	<i>C. seslerioides</i>
<i>Bidens aequisquama</i>	<i>Dalea obovatifolia</i> var. <i>uncifera</i>
<i>B. ostruthioides</i>	<i>Desmodium uncinatum</i>
<i>Bouvardia ternifolia</i>	<i>Dichantheium</i> cf. <i>albomaculatum</i>
<i>Brickellia peduncularis</i>	<i>Donnellsmithia juncea</i>
<i>Bromus carinatus</i>	<i>Dyschoriste microphylla</i>

<i>Echeandia macrocarpa</i>	<i>Pinguicula macrophylla</i>
<i>Eryngium pectinatum</i>	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>
<i>Euphorbia furcillata</i> var. <i>furcillata</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>E. radians</i>	<i>Psacalium peltatum</i>
<i>E. subreniformis</i>	<i>Ranunculus macranthus</i>
<i>Festuca breviglumis</i>	<i>Salvia assurgens</i>
<i>Geranium lilacinum</i>	<i>Scutellaria coerulea</i>
<i>G. seemannii</i>	<i>Senecio stoechadiformis</i>
<i>Gnaphalium americanum</i>	<i>S. sp.2</i>
<i>Hypoxis mexicana</i>	<i>Sida rhombifolia</i>
<i>Jaegeria hirta</i>	<i>Sisyrinchium angustifolium</i>
<i>Lamourouxia multifida</i>	<i>Stellaria cuspidata</i>
<i>Lasianthaea aurea</i>	<i>Stevia monardifolia</i>
<i>Lasiarrhenum strigosum</i>	<i>S. ovata</i>
<i>Lithospermum distichum</i>	<i>Tagetes filifolia</i>
<i>Lopezia racemosa</i>	<i>T. lunulata</i>
<i>Lupinus</i> aff. <i>stipulatus</i>	<i>Tauschia nudicaulis</i>
<i>Macromeria discolor</i>	<i>Tigridia multiflora</i>
<i>Monarda austromontana</i>	<i>Tripogandra purpurascens</i>
<i>Oenothera laciniata</i>	ssp. <i>purpurascens</i>
<i>Oxalis hernandezii</i>	<i>Trisetum virletii</i>
<i>Penstemon campanulatus</i>	<i>Valeriana densiflora</i>
<i>Pericalia sessilifolia</i>	<i>V. urticifolia</i>
<i>Perymenium buphthalmoides</i>	<i>Verbena bipinnatifida</i>
var. <i>buphthalmoides</i>	<i>V. carolina</i>
<i>Phytolacca icosandra</i>	<i>Viola ciliata</i>

Sont également présentes les espèces herbacées terrestres parasites suivantes: *Conopholis alpina*, *Hexalectris parviflora* et *Spiranthes eriophora*.

Les lianes restent rares: j'ai rencontré *Smilax cordifolia*, *Smilax* cf. *moranensis* et *Rhus radicans*.

Les plantes herbacées grimpantes sont représentées par les espèces suivantes:

<i>Didymaea floribunda</i>	<i>Rubus humistratus</i>
<i>Galium uncinulatum</i>	<i>Solanum appendiculatum</i>
<i>Phaseolus coccineus</i>	<i>Vicia humilis</i>

Les épiphytes sont également peu nombreux, avec *Pleopeltis macrocarpa*, *Polypodium plebeium* et *Tillandsia argentea*, auxquelles s'ajoutent les espèces parasites suivantes: *Arceuthobium globosum* et *Arceuthobium* sp.

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	18	10.6
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	11	9.7	1	0.6
2. Surtout tempérée	9	8.0	3	1.8
3. Surtout américaine	3	2.7	0	0.0
4. Surtout tropicale	6	5.3	0	0.0
5. Surtout néotropical	5	4.4	0	0.0
SOUS-TOTAL	34	30.1	4	2.4
FLORE AMÉRICAINE				
6. Américaine	7	6.2	1	0.6
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	5	4.4	3	1.8
8. Surtout américaine	3	2.7	0	0.0
9. Surtout africaine	3	2.7	0	0.0
10. Surtout asiatique	0	0.0	0	0.0
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	0	0.0	1	0.6
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	1	0.9	0	0.0
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropical	10	8.8	6	3.5
14. Andine	2	1.8	12	7.1
15. Caraïbienne	1	0.9	0	0.0
16. Mésoaméricaine de basse altitude	1	0.9	3	1.8
17. Mésoaméricaine de montagne	7	6.2	30	17.6
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	1	0.9	3	1.8
19. Mexique occidentale	1	0.9	6	3.5
20. Sud du Mexique	0	0.0	2	1.2
21. Centre du Mexique	0	0.0	10	5.9
22. Nord du Mexique	0	0.0	3	1.8
SOUS-TOTAL	35	31.0	79	46.5
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	5	4.4	0	0.0
24. De large distribution mais surtout américaine	1	0.9	0	0.0
25. De large distribution mais surtout eurasienne	0	0.0	1	0.6
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	3	2.7	0	0.0
27. Circumboréale	6	5.3	0	0.0
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	9	8.0	0	0.0
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	0	0.0	0	0.0
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	3	2.7	0	0.0
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINE				
31. Nord-américaine	6	5.3	4	2.4
32. Commune Mexique et États-Unis	0	0.0	0	0.0
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.0	0	0.0
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	3	2.7	15	8.8
35. Commune Mexique et Amérique centrale	0	0.0	18	10.6
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	1	0.9	6	3.5
37. Nord du Mexique	0	0.0	2	1.2
38. Centre du Mexique	0	0.0	12	7.1
39. Mexique occidental	0	0.0	5	2.9
40. Sud du Mexique	0	0.0	3	1.8
SOUS-TOTAL	37	32.7	66	38.8
FLORE ENDÉMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	0	0.0	1	0.6
42. Mexique	0	0.0	1	0.6
SOUS-TOTAL	0	0.0	2	1.2
TOTAL	113	100.0	170	100.0

Tableau 9 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt mésophile de pins selon les types de distribution (voir la section 2.2. du Chap. V de la Première Partie).

Distribution	Effectifs et pourcentages					
	Strate arborée		Strate arbustive		Strate herbacée	
INDÉTERMINÉE						
genres	0	-	0	-	0	-
espèces	0	0.0%	5	17.9%	10	9.5%
FLORE COSMOPOLITE						
genres	1	12.5%	4	21.1%	24	29.3%
espèces	0	0.0%	0	0.0%	4	3.8%
FLORE AMÉRICAINNE						
genres	0	0.0%	0	0.0%	7	8.5%
espèces	0	0.0%	0	0.0%	1	1.0%
FLORE TROPICALE						
genres	0	0.0%	8	42.1%	28	34.1%
espèces	0	0.0%	13	46.4%	60	57.1%
FLORE TEMPÉRÉE						
genres	7	87.5%	7	36.8%	23	28.0%
espèces	25	100.0%	10	35.7%	30	28.6%
Total						
genres	8	100.0%	19	100.0%	82	100.0%
espèces	25	100.0%	28	100.0%	105	100.0%

Tableau 10 - Affinités floristiques générales de la forêt mésophile de pins selon les strates: arborées (supérieure et inférieure), arbustive et herbacée.

2.3.2. Affinités floristiques

Les trois grandes flores, cosmopolite, tropicale et tempérée, sont représentées par le même nombre, à peu près, de genres (respectivement 34, 35 et 37). Avec 9 à 11 genres chacun, les éléments les plus importants sont: cosmopolite, pan-néotropical, subcosmopolite surtout tempéré et boréal de l'hémisphère nord et des montagnes tropicales (Tab. 9). Les 7 genres qui ont une distribution continue et réduite au continent américain représentent 6.2% du nombre total; 3 genres (soit 2.7%) sont endémiques du Mexique, 2 sont d'affinité tropicale et 1 d'affinité tempérée.

Les espèces d'affinités tropicales, au nombre de 79 (soit 46.5%), représentent près de la moitié de la flore spécifique de cette forêt de pins. Celles d'affinités tempérées ne sont que 66, soit 38.8% (Tab. 9). Mais, comme on s'y attend pour ce type de végétation d'altitude, les deux seuls éléments qui dépassent 10% sont l'élément néotropical mésoaméricain de montagne et l'élément boréal américain commun au Mexique et à l'Amérique centrale (Tab. 9). L'endémisme propre au Mexique est élevé: avec 53 espèces, il participe pour 31.3% à la flore spécifique de ce groupement. Au niveau de

ces endémiques, contrairement à ce qui se passe pour l'ensemble des espèces, celles d'affinités tempérées sont plus nombreuses (28) que celles d'affinités tropicales (24). Parmi les espèces endémiques, celles qui ont une aire de distribution réduite au centre du Mexique sont les plus nombreuses, que les affinités soient tropicales ou tempérées, avec respectivement 12 (7.1% de toutes les espèces) et 10 (5.9%) espèces.

Il existe de grandes différences entre les affinités floristiques de chaque strate (Tab. 10) avec une certaine progression verticale.

Pour les genres, la proportion de taxons tropicaux, nulle dans les strates arborées, est maximale dans la strate arbustive et diminue légèrement dans la strate herbacée. Pour les espèces, elle est plus élevée au niveau de la strate herbacée. Les proportions de taxons tempérés dans les différentes strates sont du même ordre de grandeur pour les genres et les espèces: proches de 100% dans les strates les plus hautes, elles diminuent jusqu'à près de 36% dans la strate arbustive et jusqu'à près de 28% dans la strate herbacée.

Parmi les espèces des strates arborées, 7 (soit 28%) ont une distribution allant du Mexique à l'Amérique centrale (type de distribution 35). Sur les 14 endémiques du Mexique, 5 ont une distribution réduite au centre du Mexique (type 38). Dans la strate arbustive, un peu plus de la moitié des genres tropicaux sont pan-néotropicaux et près de la moitié des espèces tropicales appartiennent à l'élément mésoaméricain de montagne. Les espèces endémiques du Mexique, au nombre de 12 (pour moitié d'affinités tropicales et pour moitié tempérées), représentent 42.9% du cortège floristique de la strate arbustive. Près de la moitié des genres tropicaux de la strate herbacée appartiennent aux éléments pan-néotropical (7 genres) ou mésoaméricain de montagne (6 genres). Pour les espèces herbacées d'affinités tropicales, les éléments aux effectifs les plus élevés sont l'élément mésoaméricain de montagne (20 espèces) et l'élément andin (12 espèces). Parmi les espèces de la strate herbacée, près du quart (26) sont endémiques du Mexique.

2.4. Structures

Au total, 10 relevés structuraux de 50 x 50 m ont été réalisés dans la forêt mésophile de pins (valeurs de pente selon échelle de Godron *et al.* 1983):

N°	Localité	Municipio	Altitude	Exposition	Pente
R304	6.6 km au sud N.15 vers Erongarícuaro	Erongarícuaro	2 320	E	2
R305	9 km au nord-ouest d'Erongarícuaro	Erongarícuaro	2 450	E	3
R310	10 km au sud de Rancho Seco	Cherán	2 300	SO	2
R401	Cofradía	Zacapu	2 540	E	2
R402	Pequeña de Tirindaro	Zacapu	2 450	N	3
R403	Cerro Los Amoles	Zacapu	2 700	N	4
R407	4 km à l'ouest d'El Pueblito	Zacapu	2 180	-	0
R409	Uaclero, Ocumicho	Charapan	2 500	-	0
R410	Corupshangaru, Pamatácuaro	Los Reyes	2 300	O	2
R425	Tsambas, Pamatácuaro	Los Reyes	2 520	S-SO	1

Relevé	Coupe	Gemmage	Pâturage	Incendie
R304	1	4	4	1
R305	1	2	2	1
R310	2	1	2	3
R401	2	4	2	2
R402	4	1	2	1
R403	1	4	2	1
R407	3	1	2	1
R409	2	3	3	2
R410	3	1	2	1
R425	3	1	2	1

Coupe: 1, absente; 2, ne concernant que quelques individus et irrégulière dans le temps; 3, importante, unique et ancienne; 4, importante, unique et récente. **Gemmage:** 1, absent; 2, faible; 3, moyen; 4, fort. **Pâturage:** 1, absent; 2, irrégulier; 3, moyen; 4, fort. **Incendie:** 1, absent; 2, trace d'incendie; 3, incendie récent.

Tableau 11 - Nature et intensité des facteurs de dégradation anthropique dans les stations étudiées de forêt mésophile de pins.

Parmi ces relevés, 8 (tous, sauf R403 et R425, voir note 32) ont déjà donné lieu à une étude sur la structure et la dégradation de la forêt mésophile de pins (Labat 1987a).

Pour obtenir une représentation de la structure qui soit plus proche de la réalité, c'est-à-dire de l'hétérogénéité de la structure actuelle de ce groupement³⁴, les relevés ont été réalisés dans des stations qui présentaient des types et des degrés de perturbations différents (Tab. 11). De plus, une information intéressante est apportée par le relevé R310, qui a été effectué en août, après que la parcelle eut été brûlée durant la saison sèche. Les arbres morts étaient toujours sur pied et leur écorce, seulement noircie au feu, n'avait pas entièrement brûlée: ils ont donc été mesurés pour étudier les conséquences immédiates d'un incendie sur ce peuplement —R310 *v* correspond au relevé des individus vivants et R310 *t* à celui de toutes les tiges, mortes et vivantes.

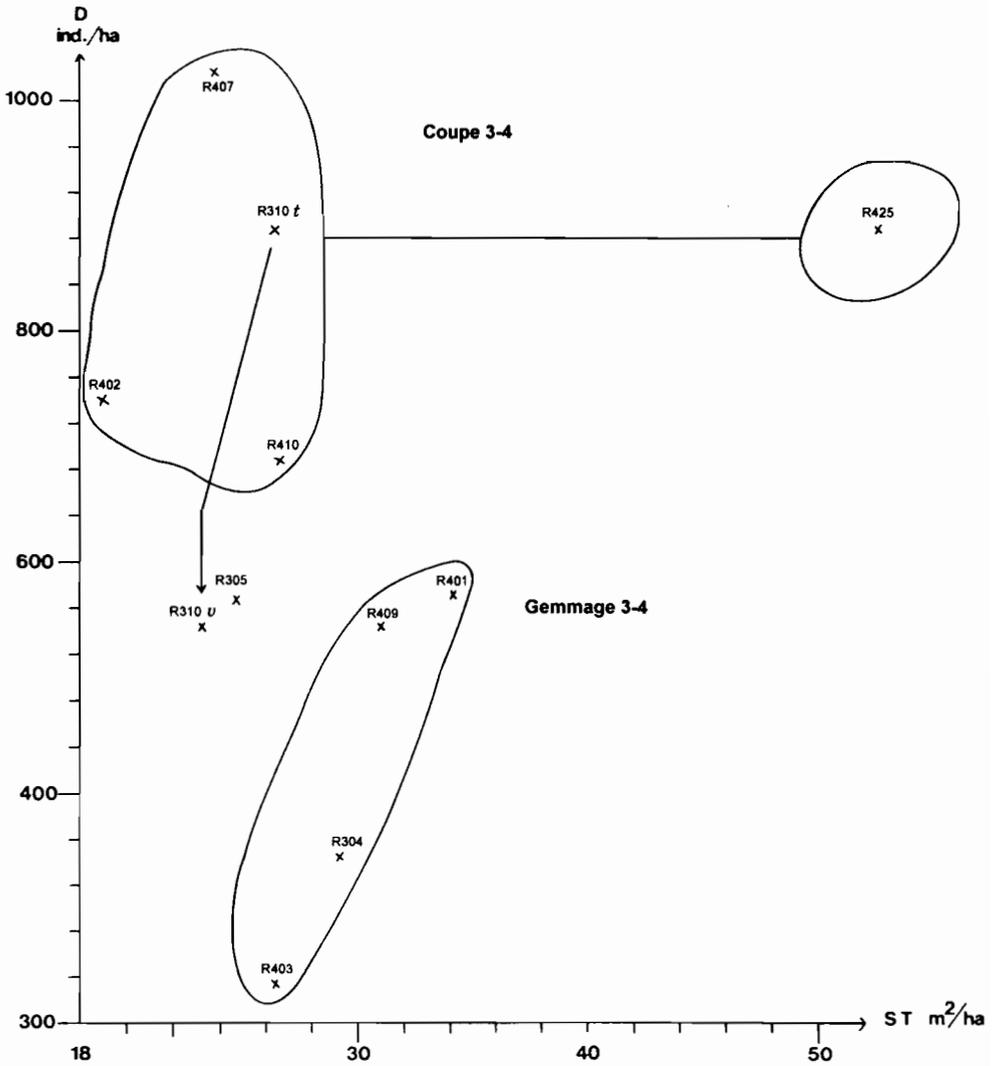


Figure 14 - Relations entre la densité et la surface terrière totales dans les relevés de la forêt mésophile de pins.

2.4.1. Les paramètres structuraux

Les paramètres structuraux moyens de la forêt mésophile de pins sont donnés dans le tableau 12.

La densité et la surface terrière totales sont de 614.8 ind./ha et de 29.0 m²/ha en moyenne. Il existe d'importantes variations allant respectivement de 1 024 ind./ha (R407) et 52.5 m²/ha (R425) pour les maxima à 232 ind./ha (R403) et 19.0 m²/ha (R402) pour les minima (Fig. 14). Dans un peu plus de la moitié des relevés (6 sur 10), la densité est comprise entre 740 et 544 ind./ha et la dominance entre 30.9 et 23.8 m²/ha.

La figure 14 montre que la densité totale est la plus faible dans les stations où le gemmage représente la plus forte pression anthropique (R403, R304, R409, R305 et R401, sans considérer le cas particulier de R310 *v* qui sera envisagé par la suite). Par contre, la densité est maxima dans celles qui ont subi des coupes importantes (R407, R425, R402 et R410). Ainsi, la relation entre densité et surface terrière totales permet de regrouper les relevés en deux ensembles bien individualisés (Fig. 14). Le premier est constitué par les stations qui ont subi des coupes importantes: elles sont caractérisées par une densité élevée et une surface terrière faible à moyenne consécutives à la régénération de différentes espèces après l'abattage des gros diamètres; il y a donc abondance de petits diamètres. Le deuxième ensemble regroupe les stations où le gemmage est moyen à fort: leur faible densité et leur surface terrière moyenne sont liées à la conservation des gros diamètres (supérieur à 30 cm) des espèces de pins résinées. De plus, une faible régénération s'explique par l'entretien de ces peuplements, tant pour le gemmage que pour le pâturage qui y est souvent associé (Tab. 11).

La station R305, la moins perturbée, présente des valeurs, pour ces deux paramètres structuraux, proches du point moyen. La station R425 a subi, après une coupe ancienne, des aménagements sylvicoles (éclaircissement, suppression des espèces autres que *Pinus pseudostrobus...*) qui expliquent la surface terrière totale élevée.

La station R310, bien que soumise à des coupes irrégulières, était, avant l'incendie (R310 *t*), comparable aux stations qui ont subi une coupe importante. Cette similitude pourrait s'expliquer par l'absence de gemmage, donc par la non-conservation des pins de gros diamètres. L'incendie, s'il n'a fait baisser que de 12% la surface terrière totale, a diminué de 37% la densité totale du peuplement (comparaison de R310 *t* avec R310 *v*).

Les indices de valeur d'importance moyens montrent que les 4 espèces les plus importantes sont des pins (Tab. 12), avec un IVI supérieur à 10%. L'espèce la plus importante (IVI = 29.7%), *Pinus leiophylla*, atteint des IVI allant jusqu'à 80% (R304 et R410, voir Tab. 13). Elle n'est absente que des relevés R403 (à 2 700 m d'altitude) et R425 (où elle a certainement été éliminée lors des éclaircissements).

La somme des IVI de pins (Tab. 13) est en moyenne de 65.2%. Elle dépasse 70% dans la moitié des relevés et n'est inférieure à 50% que dans 3 d'entre eux: R310, R402 et R407. Dans les deux derniers, après des coupes importantes de pins, la régénération des pins est faible alors que celle des chênes (*Quercus obtusata* dans le premier, *Q. crassipes* et *Q. obtusata* dans le second) est élevée. Le même phénomène, un peu moins accentué, est également perceptible dans la station de R310.

Espèces	d_k Ind./ha	dr_k %	f_k %	fr_k %	st_k cm ² /ha	str_k %	iv_k %
<i>Pinus leiophylla</i>	181.2	29.5	55.6	26.6	96 229.5	33.1	29.7
<i>Pinus pseudostrobus</i>	84.0	13.7	10.0	4.8	50 110.0	17.2	11.9
<i>Pinus teocote</i>	63.2	10.3	22.0	10.5	41 629.4	14.3	11.7
<i>Pinus montezumae</i>	45.2	7.4	23.6	11.3	46 017.6	15.8	11.5
<i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>jorullensis</i>	64.0	10.4	28.4	13.6	8 340.8	2.9	9.0
<i>Quercus obtusata</i>	71.6	11.6	18.8	9.0	13 284.6	4.6	8.4
<i>Quercus crassipes</i>	58.0	9.4	18.4	8.8	17 336.8	6.0	8.1
<i>Quercus subspathulata</i>	18.8	3.1	10.8	5.2	9 783.4	3.4	3.9
<i>Arbutus xalapensis</i>	14.0	2.3	10.8	5.2	5 005.8	1.7	3.1
<i>Quercus crassifolia</i>	2.4	0.4	2.0	1.0	189.3	0.1	0.5
<i>Quercus castanea</i>	2.8	0.5	1.2	0.6	710.1	0.2	0.4
<i>Baccharis heterophylla</i>	2.8	0.5	1.6	0.8	83.0	0.0	0.4
<i>Pinus michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	1.6	0.3	0.8	0.4	1 284.3	0.4	0.4
<i>Quercus laurina</i>	1.6	0.3	1.6	0.8	144.0	0.0	0.4
<i>Buddleia</i> sp.	1.6	0.3	1.2	0.6	100.4	0.0	0.3
<i>Crataegus pubescens</i>	0.8	0.1	0.8	0.4	19.6	0.0	0.2
<i>Arbutus glandulosa</i>	0.4	0.1	0.4	0.2	147.2	0.1	0.1
<i>Quercus rugosa</i>	0.4	0.1	0.4	0.2	67.4	0.0	0.1
<i>Quercus dysophylla</i>	0.4	0.1	0.4	0.2	15.4	0.0	0.1
Somme	614.8	100.0	208.8	100.0	290 498.8	100.0	100.0
H = 3.03	E = 0.71						

Tableau 12 - Paramètres structuraux moyens de la forêt mésophile de pins.

Espèces	IVI %										
	R304	R305	R310	R401	R402	R403	R407	R409	R410	R425	Moyenne
<i>Pinus leiophylla</i>	80.3	52.0	43.2	13.7	9.3		33.6	9.8	80.2		29.7
<i>Pinus pseudostrobus</i>										87.9	11.9
<i>Pinus teocote</i>				47.2	33.1	46.6					11.7
<i>Pinus montezumae</i>	5.2	5.7		6.8	3.7	46.5		58.2	5.2		11.5
<i>Pinus michoacana</i> var. <i>cornuta</i>				3.3							0.4
Total <i>Pinus</i> spp.	85.5	57.7	43.2	71.0	46.1	93.1	33.6	68.0	85.4	87.9	65.2
<i>Quercus</i> spp.		13.1	35.0	3.9	45.9		66.4	7.6	13.5	11.0	21.9
<i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>jorullensis</i>		24.5	10.4	23.1	2.4	2.9		24.4			9.0

Tableau 13 - IVI des principales espèces de la forêt mésophile de pins par relevé avec les valeurs moyennes pour les 5 espèces de pins ainsi que la somme pour le genre *Pinus*, pour les espèces de chênes (*Quercus* spp.) et pour *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*.

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOACÁN

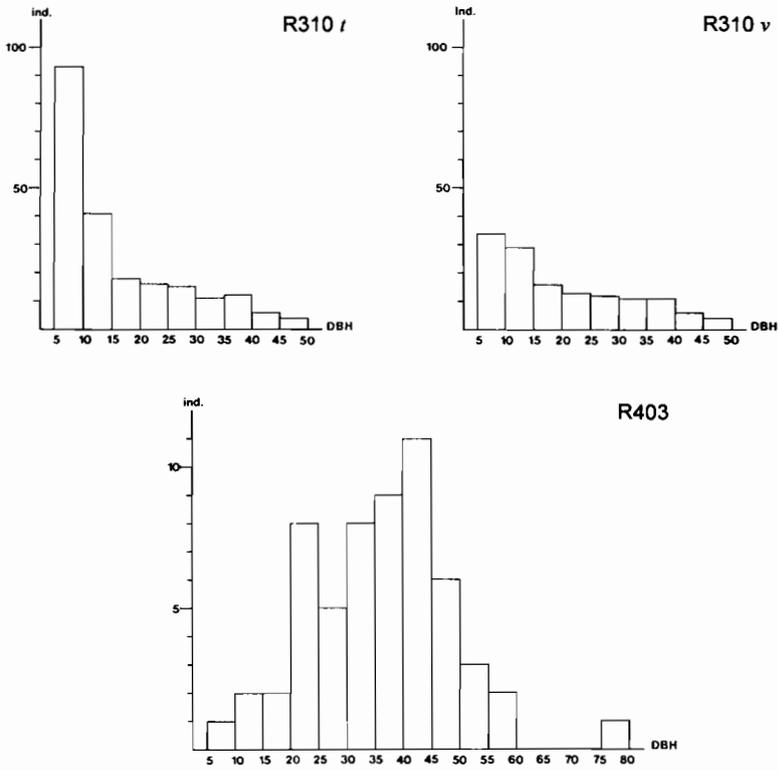


Figure 15 - Modèles de la structure totale du nombre de tiges de la forêt mésophile de pins (R403, R310 t et R310 v).

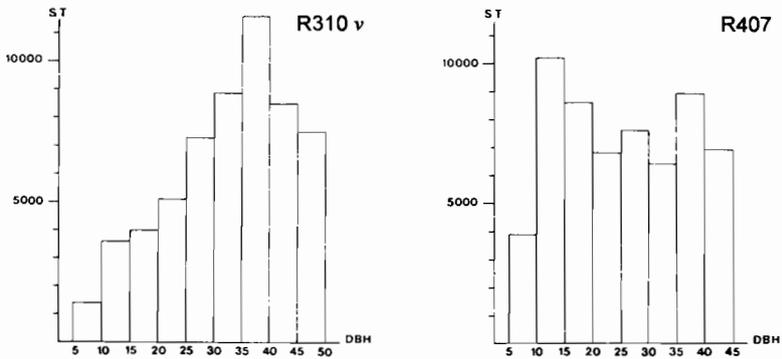


Figure 16 - Modèles de la structure totale de la surface terrière de la forêt mésophile de pins (R310 v et R407).

La somme des IVI de chênes (*Quercus* spp., Tab. 13), en dehors de ces 3 dernières stations où elle atteint plus de 35%, reste inférieure à 15% dans les autres relevés. Pour l'ensemble du groupement, la valeur moyenne de l'IVI des *Quercus* spp. est égale à 21.9%: elle traduit l'importance relative des chênes dans la forêt mésophile de pins. *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* est la quatrième espèce par ordre d'importance (Tab. 12). Elle est présente dans 6 relevés sur 10 avec des diamètres supérieurs à 5 cm. Les valeurs relatives moyennes de la densité et de la fréquence sont supérieures à 10%, mais celle de la surface terrière est faible (2.9%). Ce sont des individus de petits diamètres, intégrant les strates arbustive et arborée basse.

L'indice de diversité pour l'ensemble du groupement est de 3.03 bits avec une équitabilité de 0.71 (Tab. 12). La diversité de chaque peuplement pris individuellement apparaît beaucoup plus faible. Les valeurs les plus basses de H_{sh} sont comprises entre 0.33 et 0.82 bit avec une équitabilité très faible, $E < 0.52$ (R425, R410 et R304). Dans les autres stations étudiées, l'indice de diversité varie de 1.47 à 2.28 bits et l'équitabilité de 0.61 à 0.76 pour 5 des 7 stations; elle est de 0.83 et 0.96 pour les deux dernières.

2.4.2. Structure par classe de diamètre

2.4.2.1. Structure totale

Les structures totales, tant de la distribution du nombre d'individus que de la surface terrière, sont différentes selon les stations. Elles traduisent l'impact des activités humaines et la dégradation de cette forêt.

Les structures des individus dans les relevés R310 t, R402, R407 et R410 suivent un modèle identique, avec un histogramme en forme de L plus ou moins redressé (Fig. 15). Ce sont de jeunes peuplements comportant de nombreux individus de petits diamètres: la première classe (5-10 cm) regroupe entre 43 et 49.7% des tiges. Cette forte proportion montre une bonne régénération, mais d'espèces différentes pour chaque station: pins dans R310 t et R410 (photo 7), pins et chênes dans R402 et chênes dans R407 (photo 8).

L'incendie dans la station du relevé R310 se traduit par un aplatissement de l'histogramme des individus (comparer R310 t et R310 v dans la Fig. 15), ce qui est dû à la baisse d'effectifs des premières classes (diminution de 63 et de 29% respectivement dans les classes 5-10 cm et 10-15 cm). Par contre le modèle de structure de la surface terrière est conservé après l'incendie. La distribution des tiges dans R409 a une forme aplatie, identique à celle du peuplement R310 v. Cette structure pourrait indiquer un semblable phénomène, ce que corroborent les traces d'incendie.

Les relevés R304, R401 et R403, qui ont été effectués dans des stations où le gemmage est intense (Tab. 11), présentent des répartitions comparables du nombre de tiges. La distribution des individus, irrégulière, présente cependant une forme générale en cloche (Fig. 15), caractérisée par de faibles effectifs dans les classes de 5 à 20 cm; le plus grand nombre de tiges s'observe dans les classes qui regroupent les pins, sur lesquels



Photo 7 - Régénération de Pinus leiophylla dans une forêt mésophile de pins (R410). Corupshangaru, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 300 m.



Photo 8 - Régénération de Quercus crassipes et Q. obtusata dans une forêt mésophile de pins (R407), 4 km à l'ouest d'El Pueblito, municipio Zacapu, 2 180 m.

le gemmage est le plus développé (une des trois classes comprises entre 30 et 45 cm selon les cas, photo 9).

La structure totale du peuplement R425 n'est que le reflet de l'entretien sylvicole dont il bénéficie (voir le prochain paragraphe, Fig. 21 et photo 10).

La surface terrière se distribue selon un modèle en forme de cloche plus ou moins régulière (Fig. 16, R310 v), à maximum situé entre 30 et 50 cm. Ce modèle de structure, en relation avec une strate arborée supérieure plus ou moins régulière, est très perturbé par les coupes importantes et récentes dans ce cas (R407 et R410); la distribution devient erratique (Fig. 16).

2.4.2.2. Structure par espèces

Les espèces arbustives (*Baccharis heterophylla*, *Buddleia* sp. ou *Crataegus pubescens*) ne sont présentes que dans les relevés R310, R410 et R425. Elles n'ont que très peu d'individus dont le diamètre soit compris entre 5 et 10 cm.

Les chênes (*Quercus* spp.), sauf *Q. obtusata* dans R402 et *Q. crassipes* dans R407, comme les arbousiers (*Arbutus* spp.) présentent une structure erratique où, généralement, les diamètres sont inférieurs à 25 cm. Ils constituent la strate arborée basse qui, quand elle est présente, reste très peu dense. Quelques individus d'*Arbutus xalapensis* (R304 et R402), *Q. obtusata* (R310 et R401), *Q. crassipes* (R310, R401 et R410) et *Q. subspathulata* (R425) arrivent à intégrer la strate arborée supérieure, avec des diamètres maximaux compris, la plupart du temps, entre 35 et 45 cm, atteignant plus rarement 65 à 80 cm.

La structure des chênes, *Quercus obtusata* et *Q. crassipes*, dans les stations R407 et R402, est intéressante: en effet, ces deux peuplements ont été exploités en une seule coupe importante chacun, coupe ancienne pour le premier et plus récente pour le second qui n'ont laissé aucun individu de *Pinus leiophylla* de plus de 45 cm de diamètre dans le relevé R407 et seulement deux individus de *P. teocote* et un de *P. montezumae* de 45 à 65 cm de diamètre dans le relevé R402. De plus, étant donné le nombre élevé de chênes dont le diamètre soit compris entre 10 et 45 cm (58 individus, soit 31.4% du nombre total de tiges de R402 et 121 individus, soit 47.3% de celui de R407), on peut raisonnablement admettre que la strate arborée basse était ici assez dense au moment de la coupe des pins. Ainsi *P. leiophylla* et *P. teocote*, espèces héliophiles, comme nous le verrons par la suite, n'ont pu se régénérer; en effet, même si *P. teocote* a de nombreux individus de 5 à 10 cm de diamètre dans R402, ces derniers, groupés au niveau des trouées de lumière, auront sûrement une mortalité assez élevée par la suite; par contre la structure des deux espèces de chênes traduit leur forte régénération. Dans le relevé R402, la distribution des tiges de *Q. obtusata* décroît selon un modèle approximativement exponentiel (Fig. 17), la surface terrière se distribuant en forme de cloche dissymétrique, où la classe 25-30 cm est la plus importante (Fig. 17). *Q. obtusata* et *Q. crassipes* ont le même modèle de structure dans le relevé R407, mais la décroissance approximativement exponentielle ne commence qu'à partir de 10 cm de diamètre. La



*Photo 9 - Forêt mésophile de pins gemmée (R409). Ucalareo, Ocumicho, municipio Charapan, 2 500 m. Noter l'absence de la strate arborée inférieure et la très faible régénération de *Pinus montezumae*. Au premier plan, une souche de plus de 1 m de haut, comme il est classique d'en observer dans toute la sierra.*

présence, dans cette station, de nombreux individus des deux espèces présentant des diamètres légèrement inférieurs à 5 cm, laisse supposer que la structure de ces espèces sera sûrement, dans quelques années, tout à fait analogue à celle de *Q. obtusata* dans le relevé R402. De même, la distribution irrégulière de la surface terrière de ces deux chênes peut être mise en rapport avec le caractère récent de la coupe et donc de l'évolution actuelle de ce peuplement.

Dans ces deux stations, la forêt mésophile de pins est en train d'être remplacée par une forêt de chênes analogue à celle qui se développe sur les éminences volcaniques de la dépression du Lerma. On verra, dans l'étude de cette forêt de chênes, que des peuplements se sont installés et stabilisés dans des stations où se développait une forêt mésophile de pins, il y a quelques dizaines, voire quelques centaines d'années. La stabilisation de ces forêts de chênes peut s'expliquer par la plus grande capacité de ces derniers à se reproduire quand la voûte forestière est très fermée ou quand la litière est très épaisse, comme l'ont déjà observé Rzedowski *et al.* (1977). Hernández et Gómez-Tagle (1986) signalent une évolution identique dans le centre de la sierra (municipio Cherán). Selon cette étude, *Quercus laurina* et *Q. crassipes* envahissent les stations après un incendie ou/et une coupe.

La distribution des individus d'*Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* est classique pour une essence de sous-bois (Fig. 18), mais perturbée ou irrégulière. La régénération ne semble active que dans les stations soumises à des coupes irrégulières, concernant seulement quelques individus, et parcourues par des feux bas (R310 t, R401 et R409). L'irrégularité de la structure, surtout évidente au niveau de la distribution de sa surface terrière, peut être mise en relation avec le peu de vigueur de cette espèce dans toute la Sierra Tarasque: en effet, toutes les populations que j'ai pu y observer étaient attaquées par différents parasites, en particulier par des insectes défoliateurs. C'est par ailleurs, selon Ern (1976), une espèce non seulement résistante au feu, grâce à son écorce de plusieurs centimètres d'épaisseur, mais même directement favorisée par les incendies; cependant, on peut constater que les individus dont le diamètre est inférieur à 10 cm (jeunes individus, élément de la strate arbustive) meurent massivement (75% d'entre eux) après un incendie bas, d'où un aplatissement de l'histogramme de la distribution des individus (Fig. 18).

Pinus leiophylla est un pin héliophile et même pionnier (Verduzco *et al.* 1962; Ern 1976; Madrigal 1982 et Rzedowski 1978). Dans les stations étudiées, il ne présente une courbe de distribution des individus en forme de L que dans le cas du relevé R410 (Fig. 19): il s'agit d'une station où la régénération est active après une coupe de 10 ans d'âge qui ne laisse que quelques gros arbres pour l'ensemencement; ce peuplement est en outre caractérisé par des strates, arborée basse et arbustive, claires, où la lumière a pu pénétrer en quantité suffisante pour permettre à *P. leiophylla* de se régénérer (photo 7). En fait la courbe en L n'est régulière qu'entre 5 et 35 cm de diamètre, ce qui correspond à une distribution des surfaces terrières en cloche (Fig. 19); par contre, pour les individus et, de façon plus manifeste encore, pour les surfaces terrières, la distribution entre 35 et 75 cm est irrégulière; elle regroupe les individus épargnés lors de la coupe.

Dans les autres relevés, *P. leiophylla* présente une distribution des individus et des

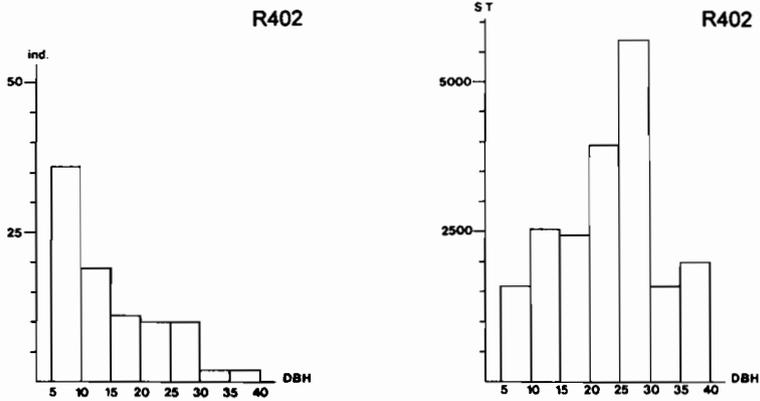


Figure 17 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de *Quercus obtusata* dans une forêt mésophile de pins ayant subi une coupe ancienne et importante (R402).

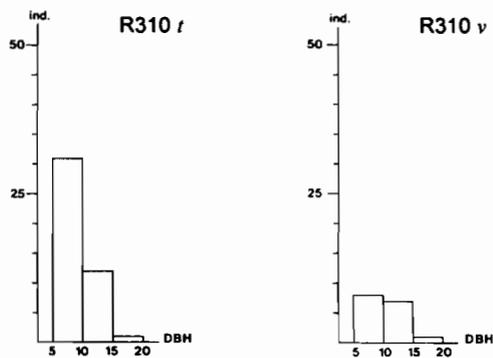


Figure 18 - Structure du nombre de tiges d'*Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* (R310 t) et effet immédiat d'un incendie (R310 v).

surfaces terrières en forme de cloche plus ou moins régulière (Fig. 20). Cette structure montre sa très faible régénération sous la voûte forestière, en l'absence de chablis (chute ou abattage d'un grand arbre).

Dans le relevé R310, on remarque que le feu a une action de plus en plus réduite à mesure que le diamètre augmente (la mortalité a atteint des individus de moins de 40 cm de DBH); c'est une espèce adaptée aux incendies, grâce, en particulier, à une écorce épaisse. Cependant 45% des petits diamètres ($5 < \text{DBH} < 20$ cm) sont morts après l'incendie: le feu est donc responsable d'un vieillissement de la population de *Pinus leiophylla*, mais il ne modifie pas l'allure générale de sa structure.

Pinus teocote et *P. montezumae* sont héliophiles et caractérisés par l'absence de régénération dans les peuplements fermés, gemmés de façon intensive, d'où les petits diamètres sont absents. Les distributions des individus et des surfaces terrières présentent la même forme générale en cloche, suivant le modèle de la figure 20. La structure de *P. teocote* dans le relevé R402 montre une forte régénération avec une structure du nombre de tiges en L redressé identique à celle de *P. leiophylla* dans R410 (Fig. 19).

La structure de *Pinus pseudostrobus* dans le relevé R425 reflète l'aménagement sylvicole pratiqué: conservation de 10 gros individus ($50 < \text{DBH} < 95$ cm) pour assurer un bon ensemencement et éclaircissage des petits diamètres afin d'optimiser la productivité du volume de bois exploitable, donc de la surface terrière (Fig. 21 et photo 10).

2.5. Régénération

Après une coupe rase, mais également après l'abandon d'un terrain cultivé et dans les trouées consécutives à une coupe sélective, un fourré bas, dominé par *Baccharis heterophylla* et *Senecio salignus*, s'installe très rapidement.

Parmi les espèces présentes dans ce fourré on peut citer:

<i>Anagallis arvensis</i> f. <i>arvensis</i>	<i>Phytolacca icosandra</i>
<i>Arctostaphylos pungens</i>	<i>Piqueria trinervia</i>
<i>Buddleia sessiliflora</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Castilleja tenuiflora</i>	<i>Salvia lavanduloides</i>
<i>Coriaria ruscifolia</i>	<i>S. mexicana</i>
<i>Cyperus</i> spp.	<i>Sida rhombifolia</i>
<i>Eryngium pectinatum</i>	<i>Stevia</i> spp.
<i>Euphorbia</i> spp.	<i>Tagetes</i> spp.
<i>Festuca breviglumis</i>	<i>Tauschia nudicaulis</i>
<i>Gnaphalium</i> spp.	<i>Trifolium amabile</i>
<i>Lopezia racemosa</i>	<i>Verbesina sphaerocephala</i>
<i>Oxalis corniculata</i>	

Dans le Nord de la Sierra Tarasque, un fourré clair semble stabilisé, sans aucune

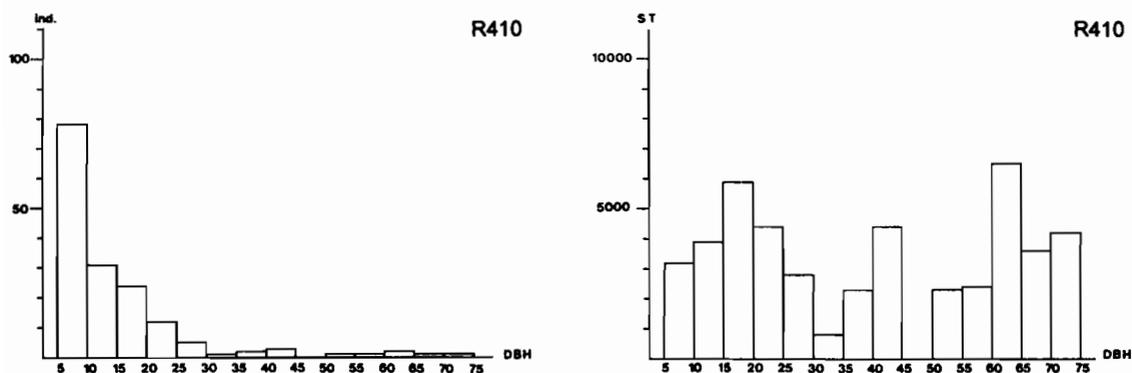


Figure 19 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de *Pinus leiophylla* dans une forêt mésophile de pins ouverte ayant subi une coupe importante (R410).

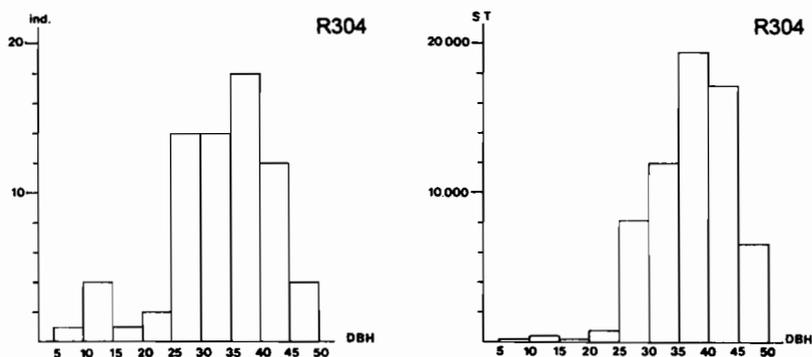


Figure 20 - Modèles de structures en cloche du nombre de tiges et de la surface terrière des espèces de *Pinus* de la forêt mésophile de pins (*Pinus leiophylla*, R304).

régénération des strates arborées, donc des pins et des chênes. Il est dominé par *Opuntia amyclaea*, *Acacia* spp., *Verbesina sphaerocephala* et *Forestiera phillyreoides*. De nombreuses espèces secondaires de la forêt de chênes et de la forêt tropicale caducifoliée forment ce fourré.

La régénération des espèces arborées et la dynamique actuelle (liées aux perturbations anthropiques) de ce groupement ont déjà été longuement envisagées dans la section précédente. Étant donné, d'une part, le caractère héliophile des espèces de pins dominantes dans la forêt mésophile de pins de la Sierra Tarasque, en particulier *Pinus leiophylla*, et, d'autre part, l'exploitation très ancienne de ce groupement (voir les sections 1. et 2.1. du Chap. IV de la Première Partie), les peuplements qui subissent une pression anthropique faible actuellement peuvent déjà être considérés comme un péniclimax au sens où l'entend Trochain (1980). Pourtant l'hétérogénéité de la composition floristique (nature de l'espèce dominante, peuplements mono- ou plurispécifiques...) et de la structure de ce groupement ne permettent pas d'apporter des conclusions définitives sur la nature de son origine: naturelle ou anthropique. Une étude détaillée des groupes écologiques et des associations végétales de cette forêt pourrait permettre de préciser sa dynamique, mais la délimitation de ces unités de végétation serait très difficile à mettre en relation avec les facteurs écologiques, y compris les facteurs anthropiques, ce qui serait l'intérêt de ce type d'étude. En effet, l'hétérogénéité mentionnée précédemment n'est en partie explicable que par des micro-phénomènes locaux impossibles à quantifier. Il est ainsi difficile d'identifier les individus conservés après une coupe; ils appartiennent à des espèces différentes d'une station à l'autre étant donné, d'abord, l'absence d'une politique forestière cohérente et effective et, ensuite, la généralisation des exploitations sauvages, anarchiques et illégales. Selon Rzedowski *et al.* (1977), cela explique partiellement le mélange des espèces de *Pinus* qui est très fréquent au Mexique dans les forêts de conifères en général.

Les seules conclusions, déjà signalées (Labat 1987a), qui peuvent être tirées des données disponibles sont les suivantes:

- le gemmage intensif, l'action du feu et le pâturage empêchent toute régénération des pins et s'opposent au développement, voire au maintien, de ces forêts, quand ils ne les détruisent pas;
- l'exploitation commerciale du bois de pins favorise l'installation de forêts secondaires de chênes là où les pins ne peuvent plus se régénérer, ce qui entraîne un changement complet de la végétation.

Cette situation a déjà commencé à poser de graves problèmes socio-économiques car les pins sont la base des principales ressources économiques (commercialisation du bois et de la résine, artisanat et activités annexes) des habitants de la région, surtout des indigènes purépechas.

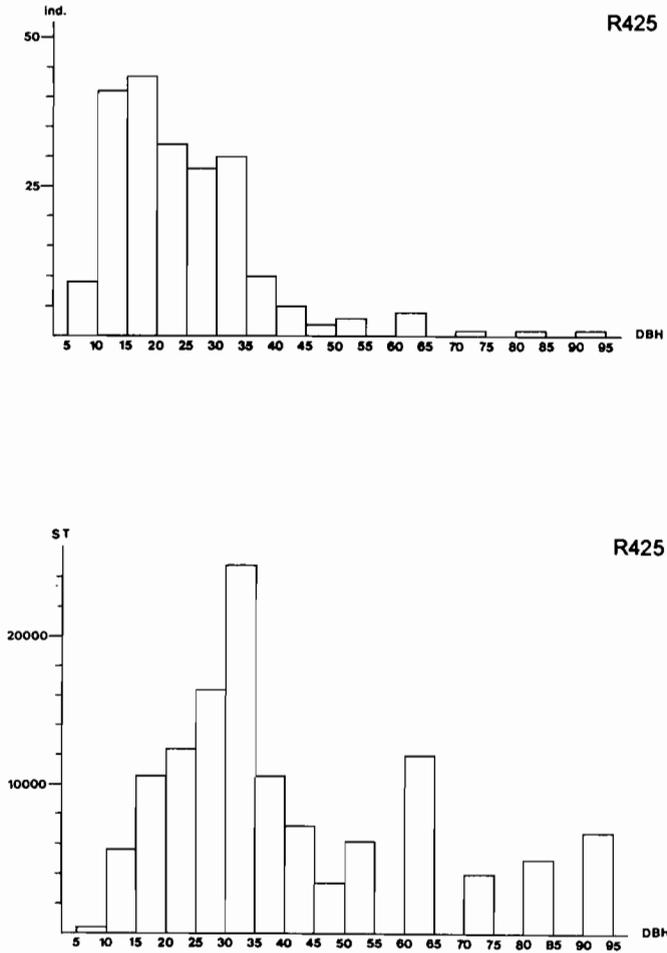


Figure 21 - Structures de *Pinus pseudostrobus* consécutives à un entretien sylvicole (R425).



Photo 10 - Forêt mésophile de pins entretenue pour l'exploitation du bois de Pinus pseudostrobus (R425). Tsambas, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 520 m.

3. La forêt thermophile de pins

3.1. Le biotope

La forêt thermophile de pins se situe dans l'Ouest et le Sud-Ouest de la Sierra Tarasque entre (1 400) 1 500 et 2 000 m (2 100) d'altitude. Le substrat géologique est constitué par des roches ignées extrusives (basalte essentiellement et peu d'andésite) et par des cendres volcaniques.

À sa limite supérieure, elle est en contact avec la forêt mésophile de pins et au-dessous de 1 500 m avec la forêt tropicale caducifoliée de la dépression du Balsas. Au Nord, dans la dépression du Lerma, ce sont les fourrés secondaires de la forêt tropicale basse caducifoliée qui se développent au-dessous de 2 000 m et la forêt de chênes au-dessus.

3.1.1. Pédologie

La forêt thermophile de pins s'installe sur des andosols ou des sols rouges fersiallitiques tropicaux, rarement sur des sols bruns eutrophes tropicaux ou sur des lithosols. Les andosols sont tout à fait semblables à ceux qui ont été décrits pour le groupement mésophile. Seuls les sols rouges fersiallitiques tropicaux seront donc étudiés ici. Ce sont des sols moyennement profonds de couleurs vives dues à la libération des oxydes de fer avec un horizon B d'accumulation d'argile.

Le profil qui est décrit (point de contrôle 5, DETENAL, 1983, E13B28) est situé à 15 km à l'ouest de la zone d'étude, près de La Laguneta (*municipio* de Tocumbo) à 1 740 m d'altitude:

- A: 0-15 cm; couleur brun rouge foncé; pas de réaction à l'HCl; texture limno-argilo-sableuse; structure en blocs subangulaires de taille fine, fortement développée. Horizon ochrique.
- B: 15-42 cm; couleur rouge jaunâtre; texture argileuse; structure en blocs subangulaires de grosse taille, moyennement développée. Horizon argilique.

Le profil présente un bon drainage interne. Il est limité en profondeur (à 95 cm) par une phase lithique et demeure pierreux jusqu'en surface.

3.1.2. Bioclimatologie

Le bioclimat de ce groupement est de type tropical assez chaud, subsec, à saison sèche longue. Il n'y a pas de station climatique au sein même de cette forêt, mais celle de Los Reyes est située juste en bordure de ce groupement, au sud, et celle de Tangancicuaro est proche de sa limite nord. Ces deux stations fournissent donc des renseignements climatiques pertinents pour la forêt thermophile de pins: Los Reyes (situé à 1 300 m d'altitude) donne ses limites thermiques supérieures et, avec Tangan-

cícuaro (1 700 m), apportent des précisions sur les paramètres hydriques (pluviométrie et saison sèche).

3.1.2.1. Les températures

La température moyenne annuelle est de 20.2° C à Los Reyes, elle y varie de 17°C à 23°C. Elle est de 17.7°C à Tangancícuaro, avec un maximum de 18.3°C et un minimum de 17°C.

À Los Reyes, décembre est le mois le plus froid avec une température moyenne de 18°C (Fig. 22). Selon les années, elle varie entre 15.3°C et 19.9°C. Une température mensuelle moyenne de 14.5°C a été enregistrée en janvier 1955. Le mois le plus chaud est le plus souvent mai, avec 22.9°C en moyenne, parfois avril ou juin. Les températures minimales extrêmes sont supérieures à 0; leurs moyennes mensuelles sont comprises entre 11.1°C en janvier et 16.3°C en juin. L'amplitude thermique annuelle moyenne est faible, 4.9°C. L'amplitude diurne des températures atteint son maximum en mars, où elle est égale à 17.2°C en moyenne et son minimum en juillet avec une valeur de 10°C, la moyenne annuelle étant de 13.4°C.

A Tangancícuaro, le mois le plus froid, janvier, enregistre une température moyenne de 13.7°C (Fig. 22). Elle est comprise selon les années entre 13°C et 14.7°C, en 1966; décembre a été le mois le plus froid de ces 20 dernières années, avec une moyenne de 11°C. Le mois le plus chaud est mai, avec 20.9°C, en moyenne, plus rarement juin. Les minima extrêmes enregistrés sont de -9°C en janvier 1955 et -8°C en décembre 1966. La moyenne mensuelle des minima la plus basse est en janvier avec 2.8°C, et la plus élevée en juin avec 13.6°C (DGSMN 1982). Selon cette même source, il y aurait 42 jours de gelée par an en moyenne avec seulement 5 mois (mai à septembre) libres de gelées. L'amplitude thermique annuelle moyenne est de 7.2°C, l'amplitude diurne de 19.1°C en moyenne sur l'année. La plus forte est 23.6°C, en mars, et la plus basse, 12.9°C, en juillet.

Pour la température du mois le plus froid, le gradient thermique calculé dans la section 3.1. du chapitre III de la Première Partie est de 0.71°C/100 m. En l'appliquant à partir de Los Reyes, on obtient des températures de 16.7°C à 1 500 m et 13.1°C à 2 000 m ou, à partir de Tangancícuaro, 15.1°C et 11.6°C respectivement. Les chiffres obtenus à partir de cette dernière station sont anormalement bas: en effet, située sur les derniers contreforts du Nord de la sierra, cette station est plus fraîche pendant l'hiver que le versant ouest et sud-ouest, où se développe la forêt thermophile de pins. La fourchette obtenue à partir de Los Reyes est donc préférable, même si, pour certaines stations de forêt thermophile de pins exposées au nord, la température moyenne du mois le plus froid peut descendre légèrement en dessous de 13°C. Dans le même ordre d'idées, les valeurs thermiques minimales enregistrées à Tangancícuaro sont sans doute légèrement plus basses que le minimum acceptable par ce groupement, ce qui peut expliquer, en partie, son absence dans le Nord de la sierra.

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOACÁN

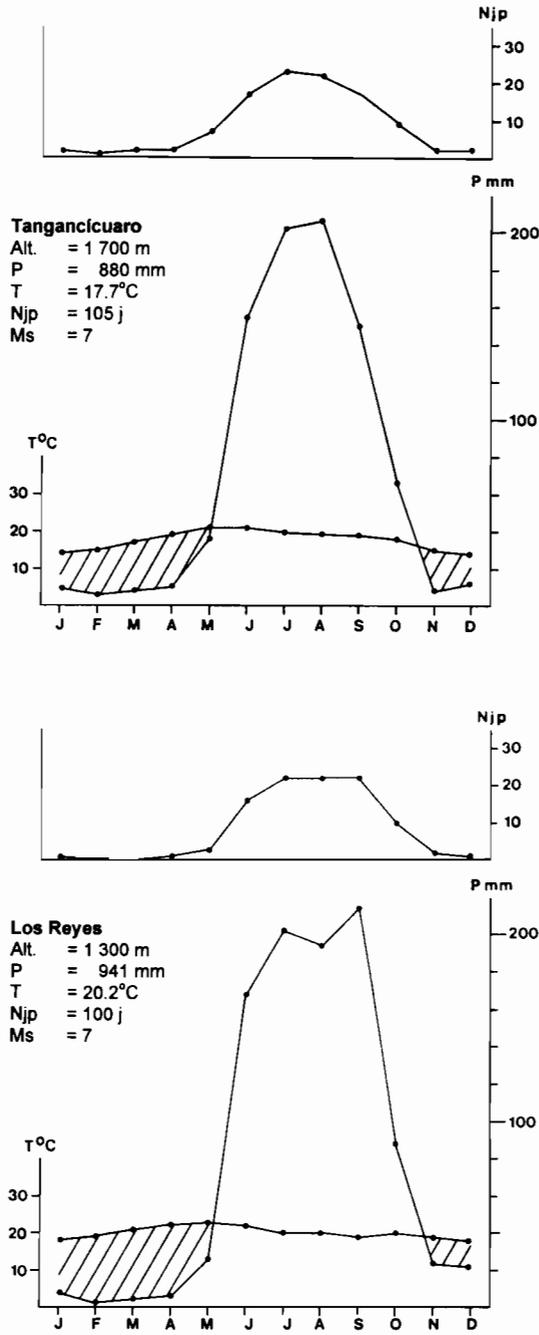


Figure 22 - Diagrammes ombrothermiques de la forêt thermophile de pins.

3.1.2.2. La pluviométrie et la saison sèche

Les précipitations, pour ce groupement, sont comprises entre 800 et 1 000 mm. La saison sèche moyenne de 7 mois couvre la période de novembre à mai, tant à Los Reyes qu'à Tangancícuaro (Fig. 22).

La variabilité interannuelle des précipitations des deux stations considérées (Fig. 23) montre que la saison sèche dure régulièrement 7 mois. D'une part, d'octobre à mai les précipitations ne sont supérieures à 2T qu'exceptionnellement; d'autre part, durant la saison des pluies, même si la variabilité interannuelle des précipitations mensuelles est forte (rapport maximum/minimum toujours supérieur à 3 à Los Reyes et à Tangancícuaro, sauf en août), les précipitations restent toujours supérieures à 2T de juin à septembre. En octobre, près d'une année sur 4, P est inférieur à 2T. Cependant, en fin de saison des pluies, le stock d'eau dans le sol est suffisant pour pallier cette faiblesse des précipitations. La forêt thermophile de pins est donc soumise à un cycle hydrique régulier d'une année sur l'autre.

La saison sèche est également caractérisée par son intensité, surtout à Los Reyes. Les précipitations moyennes de 73.4 mm de novembre à mai ne représentent que 7.8% de la pluviométrie annuelle en 7 mois. Il ne pleut pas de décembre à avril plus d'une année sur 2 ($Q_2 = 0$, pour les précipitations, Fig. 23, et pour le nombre de jours de pluie, Fig. 24) et il n'y a que 8 jours de pluie en moyenne durant la saison sèche (Fig. 22). Cette dernière paraît un peu moins rigoureuse à Tangancícuaro, où il tombe en moyenne 90.4 mm d'eau de novembre à mai, soit 10.3% des précipitations annuelles, et ce en 18 jours de pluie (Fig. 22).

Le nombre de jours de pluies est, en moyenne, de 100 à Los Reyes et de 105 à Tangancícuaro (Fig. 22) avec, plus d'une année sur 4, au moins 20 jours de pluie par mois, de juillet à septembre, pour Los Reyes et au moins 14, de juin à septembre, pour Tangancícuaro (Fig. 24).

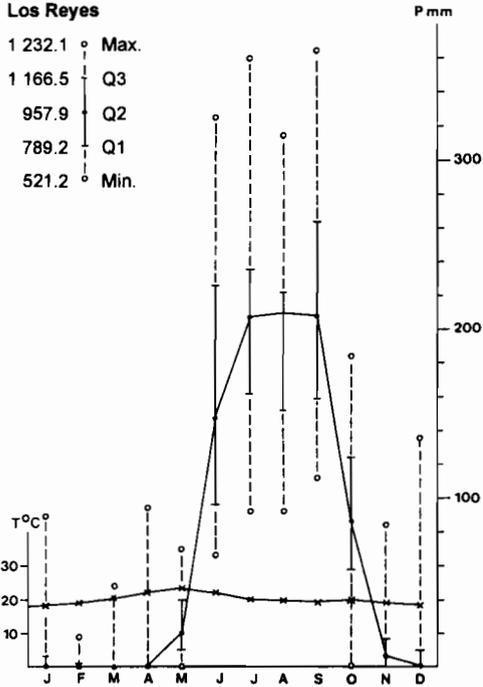
3.1.2.3. Année probable

LOS REYES

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T	17.3	18.2	21.1	20.3	20.4	19.3	16.4	16.0	15.9	17.4	17.2	16.4
°C:	19.0	20.4	21.9	23.4	24.5	25.0	22.9	22.4	22.2	22.0	20.5	19.5
P	0	0	0	0	11.2	95.5	163	152	159	57.5	0	0
mm:	6.3	2.3	0	0	39.7	226	236	222	263	125	17.0	10.2
Njp:	0	0	0	0	1	12	20	+20	20	6	0	0
	1	0	0	0	5	19	24	25	25	14	3	2
Annuel:		T:	18.1		P:	789		Njp:	91	Mois secs:		6
			21.7			1 166			108			7

Los Reyes

- 1 232.1 ° Max.
- 1 166.5 ° Q3
- 957.9 ° Q2
- 789.2 ° Q1
- 521.2 ° Min.



Tangancícuaro

- 1 235.0 ° Max.
- 945.4 ° Q3
- 895.5 ° Q2
- 829.0 ° Q1
- 510.8 ° Min.

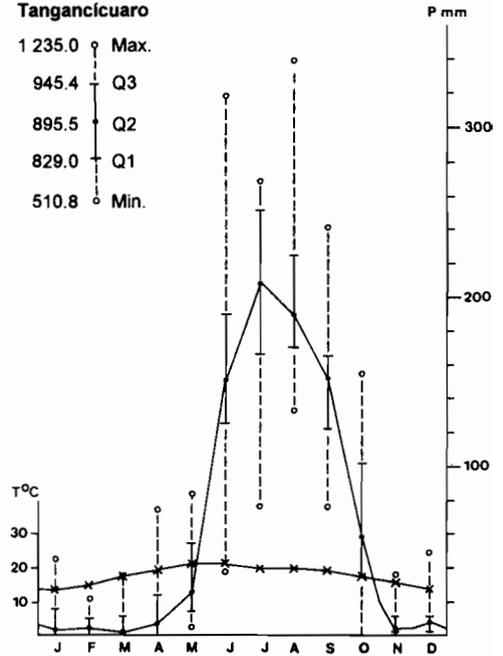


Figure 23 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt thermophile de pins.

ERONGARÍCUARO

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T	13.4	13.6	16.8	18.6	20.0	20.2	19.2	19.2	18.8	17.3	15.3	13.6
°C:	14.1	15.4	17.6	19.8	21.5	21.3	20.0	19.8	20.2	18.2	15.7	14.7
P	0	0	0	0	14.5	125	166	170	122	35.0	2.0	2.0
mm:	16.7	10.0	11.5	14.6	55.0	190	252	225	165	102	12.0	12.0
Njp:	0	0	0	1	5	15	20	21	14	7	1	1
	4	3	3	3	9	19	25	23	19	14	4	3
Annuel:		T:	17.4		P:	869		Njp:	94	Mois secs:		6
			18.0			945			111			7

3.2. Physionomie

Ce sont des forêts de 15 à 20 m, exceptionnellement 25 m, de hauteur, avec un coefficient de recouvrement de la strate arborée compris généralement entre 60 et 80%. En dessous de la strate arborée haute se développent en général une strate arborée inférieure, une strate arbustive et une strate herbacée. Les sols en pente déforestés pour la culture du maïs sont rapidement érodés par les pluies estivales; après leur abandon, des communautés ouvertes et basses, constituées par une ou plusieurs espèces de pins de la forêt thermophile, s'installent entre les ravines.

Des pins au tronc généralement droit forment la strate arborée supérieure, sempervirente. Dans les peuplements fermés, les troncs ne se ramifient que dans leur moitié ou tiers supérieur, formant une couronne hémisphérique. Dans les communautés ouvertes, les ramifications commencent plus bas, donnant au houppier une forme conique.

Les espèces de pins dominantes, qui forment la voûte forestière, sont caractérisées par:

- des cônes et des aiguilles de tailles moyennes:
 - ◇ *Pinus oocarpa*: aiguilles de couleur vert clair, brillantes, rigides, de 15 à 30 cm de long, au nombre de 5 par fascicule avec une gaine persistante et des cônes longuement pédonculés (pédoncules de 2 à 3 cm de long, fins et fragiles), persistants, de couleur vert jaunâtre passant par la suite à un gris clair, luisants, ovoïdes, symétriques, de 5 à 8 cm de long, avec une forme caractéristique en rosette quand ils sont ouverts;
 - ◇ *Pinus douglasiana*³⁵: aiguilles de couleur vert clair légèrement jaunâtre, légèrement pendantes, assez épaisses (0.75 à 1.1 mm d'épaisseur), de 25 à 33 cm de long, au nombre de 5 par fascicule avec une gaine persistante et des cônes pédonculés (pédoncule de 12 à 15 mm de long), décidus, longuement ovoïdes, peu dissymétriques, de 7.5 à 10.5 cm de long;
- de grands cônes et des aiguilles longues: *Pinus michoacana* var. *cornuta* aux aiguilles

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOACÁN

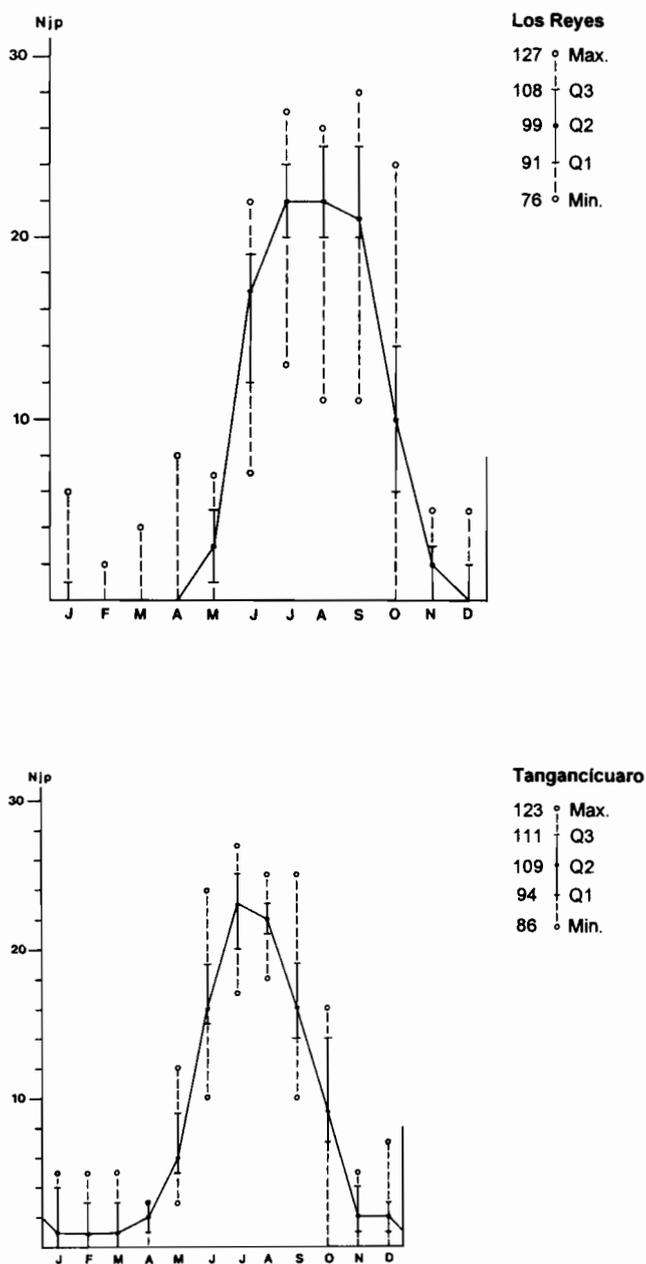


Figure 24 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt thermophile de pins.

de couleur vert foncé, flexibles et pendantes, de 30 à 40 cm de long, fasciculées par 5 avec une gaine persistante, longue (25 à 35 mm), brillante, résineuse et presque noire chez les aiguilles adultes et des cônes de couleur brun jaunâtre, pédonculés (pédoncule de 10 à 15 mm de long), de décidus à semi-décidus, oblong-ovoïdes, légèrement obliques et dissymétriques, de 16 à 30 cm de long.

Bello (1983), dans son étude sur la phénologie de 5 espèces de *Pinus* de la forêt thermophile de pins de la région d'Uruapan, montre que le début de la phase végétative s'étale de décembre à avril pour les trois espèces précédentes, donc en début de saison sèche, la fin de cette phase végétative se situant en juillet ou en août. La phase de floraison, dont le début est étroitement lié au commencement de la phase végétative, atteint sa plénitude entre janvier et mars. Le phase de fructification débute en mai, à la fin de la saison sèche, et finit entre février et avril avec l'ouverture des cônes et la dispersion des graines.

Dans la plupart des cas, une strate arborée inférieure de 6 à 10 m de haut est présente, mais elle reste toujours claire. Elle est constituée presque exclusivement par des chênes: les plus abondants sont des *Quercus* aux grandes feuilles (de 7.5-23 x 3.5-11 cm pour *Q. scytophylla* à 15-36 x 5-26 cm pour *Q. resinosa*), rigides, à bord sinueux à denté, mucroné (*Q. resinosa* et *Q. magnoliifolia*) ou aristé (*Q. scytophylla*). La face supérieure est luisante et subglabre alors que la face inférieure est tomenteuse et de couleur claire, de jaunâtre, chez *Q. resinosa* et *Q. magnoliifolia*, à blanche chez *Q. scytophylla*.

Cette strate est subcaducifoliée. En effet, si la plupart des espèces de chênes sont caducifoliées, elles ne perdent pas leur feuillage toutes au même moment. La chute des feuilles s'étale de février à mars-avril, et les arbres ne restent sans feuilles qu'une très courte période, souvent moins d'un mois. La floraison, presque toujours synchrone avec l'apparition des nouveaux organes foliaires, se produit entre mars et avril et même en février chez *Q. scytophylla*, une espèce pérennifoliée. Selon les espèces, les périodes de fructification se succèdent, généralement, entre juillet et octobre.

La strate arbustive, de 1.5 à 2.5 m de hauteur, est très irrégulièrement répartie et profite ordinairement des trouées dans les strates arborées. Les espèces qui la composent fleurissent le plus souvent dès le début de la saison des pluies.

La strate herbacée, dont la hauteur reste inférieure à 1 m, est assez dense pendant la saison des pluies et présente, comme dans le cas de la forêt mésophile de pins, un aspect dénudé et jaunâtre durant la saison sèche. Les floraisons sont abondantes dès le début de la saison sèche et se poursuivent, selon les espèces, jusqu'en août et septembre.

3.3. Floristique

3.3.1. Composition floristique

Pinus oocarpa forme des peuplements purs, souvent secondaires, vers la limite

altitudinale inférieure de ce groupement. En général cette espèce se rencontre en association avec *P. douglasiana*, l'une comme l'autre pouvant être dominante. *P. michoacana* var. *cornuta*, absente des relevés structuraux, peut pourtant être abondante localement. *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. lawsonii* et *P. pringlei*, peu communes, peuvent également faire partie de la strate arborée supérieure.

Les feuillus dominants dans la strate arborée inférieure sont des chênes appartenant aux espèces suivantes:

Quercus magnoliifolia
Q. resinosa

Quercus scytophylla
Q. subspathulata

Cette strate est également constituée par:

Arbutus xalapensis
*Calliandra houstoniana***
*Clethra mexicana**
*Inga hintonii***
*Lysiloma acapulcense***

Quercus castanea
Q. conspersa
*Q. laurina**
Q. peduncularis

La strate arbustive est dominée par une ou plusieurs des espèces suivantes:

*Acacia pennatula**+*
Arctostaphylos pungens
Baccharis heterophylla+

*Mimosa albida**+*
*Ternstroemia pringlei**

Elle comprend également:

*Acacia farnesiana**+*
Calliandra grandiflora
*Crataegus pubescens**
*Dodonaea viscosa**+*
*Heimia salicifolia**+*

*Lantana velutina***
Odontotrichum sinuatum
Senecio sp.5
Solanum candidum
Verbesina cf. *greenmani*

JNL 877

Les espèces des strates arborée inférieure et arbustive marquées du signe * sont fréquentes dans les zones écotones avec la forêt mésophile de montagne. Celles qui sont marquées du signe ** viennent de la forêt tropicale caducifoliée de la dépression du río Balsas, au sud, ou du río Lerma, au nord. Celles qui sont suivies du signe + sont caractéristiques des peuplements perturbés et/ou secondaires.

Les espèces de la strate herbacée qui peuvent atteindre une couverture supérieure à 50% sont *Hilaria ciliata* et *Muhlenbergia* aff. *versicolor*.

Les espèces qui suivent peuvent être abondantes, mais avec un recouvrement faible:

Arisaema macrospatum
Bletia sp.
Cologania procumbens
Cyperus seslerioides
Euphorbia sphaerorhiza
Gnaphalium americanum
Hypoxis mexicana
Macrosiphonia hypoleuca
Micropleura renifolia

Mimosa sp.
Ophioglossum nudicaule var.
tenerum
Pinguicula macrophylla
Pteridium aquilinum
Ruellia nudiflora
Salvia nigrifolia
Tragia nepetifolia
Trifolium amabile

Les espèces peu abondantes et rares sont les suivantes:

Bacopa procumbens
Begonia balmisiana
Bouvardia multiflora
Castilleja arvensis
C. tenuiflora
Chamaesyce hirta
Cuphea jorullensis
Desmodium molliculum
Erigeron karvinskianus
Eryngium carlinae
Eupatorium cf. *schaffneri*
Heliopsis longipes
Ipomoea capillacea
Lasianthaea aurea
Ludwigia octovalvis
Macroptilium gibbosifolium
Milla biflora
Oxalis decaphylla

Oxalis hernandezii
Peperomia campylotropa
Pericalia sessilifolia
Perymenium buphthalmoides var.
buphthalmoides
Piptochaetium virescens
Piqueria trinervia
Ranunculus petiolaris
Rhus trilobata
Rhynchelytrum roseum
Salvia laevis
S. lavanduloides
S. mexicana
Sisyrinchium angustifolium
Spigelia scabrella
Stevia serrata
Viola cf. *hookeriana*
Zephyranthes carinata

La seule liane que j'ai rencontrée est *Rhus radicans*.

3.3.2. Affinités floristiques

Au niveau générique, les affinités tropicales sont dominantes (Tab. 14), en particulier avec l'élément pan-néotropical (14 genres, soit 20.6%), l'élément cosmopolite (9 genres, soit 13.2%) et l'élément pantropical (7 genres, soit 10.3%). Les genres d'affinités tropicales (34, soit 50%) sont majoritaires dans le cortège floristique de cette forêt. Les genres cosmopolites (au nombre de 18) et ceux d'affinités tempérées (au nombre de 13) n'y participent que dans des proportions de 26.5 et 19.1% respectivement. Deux genres seulement (soit 2.9%) sont endémiques du Mexique; ils sont d'affinités tropicales.

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	11	12.2
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	9	13.2	1	1.1
2. Surtout tempérée	1	1.5	0	0.0
3. Surtout américaine	2	2.9	0	0.0
4. Surtout tropicale	3	4.4	0	0.0
5. Surtout néotropicale	3	4.4	0	0.0
SOUS-TOTAL	18	26.5	1	1.1
FLORE AMÉRICAINE				
6. Américaine	3	4.4	1	1.1
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	7	10.3	2	2.2
8. Surtout américaine	3	4.4	1	1.1
9. Surtout africaine	2	2.9	1	1.1
10. Surtout asiatique	0	0.0	0	0.0
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	0	0.0	0	0.0
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	1	1.5	0	0.0
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropicale	14	20.6	5	5.6
14. Andine	1	1.5	4	4.4
15. Caribéenne	0	0.0	1	1.1
16. Mésoaméricaine de basse altitude	2	2.9	8	8.9
17. Mésoaméricaine de montagne	2	2.9	9	10.0
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	1	1.5	2	2.2
19. Mexique occidentale	1	1.5	5	5.6
20. Sud du Mexique	0	0.0	1	1.1
21. Centre du Mexique	0	0.0	4	4.4
22. Nord du Mexique	0	0.0	4	4.4
SOUS-TOTAL	34	50.0	47	52.2
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	2	2.9	0	0.0
24. De large distribution mais surtout américaine	0	0.0	0	0.0
25. De large distribution mais surtout eurasienne	0	0.0	0	0.0
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	1	1.5	0	0.0
27. Circumboréale	3	4.4	0	0.0
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	3	4.4	0	0.0
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	1	1.5	0	0.0
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	1	1.5	0	0.0
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINE				
31. Nord-américaine	1	1.5	2	2.2
32. Commune Mexique et États-Unis	0	0.0	0	0.0
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.0	0	0.0
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	1	1.5	4	4.4
35. Commune Mexique et Amérique centrale	0	0.0	6	6.7
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	0	0.0	3	3.3
37. Nord du Mexique	0	0.0	2	2.2
38. Centre du Mexique	0	0.0	2	2.2
39. Mexique occidentale	0	0.0	6	6.7
40. Sud du Mexique	0	0.0	3	3.3
SOUS-TOTAL	13	19.1	28	31.1
FLORE ENDÉMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	0	0.0	2	2.2
42. Mexique	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	0	0.0	2	2.2
TOTAL	68	100.0	90	100.0

Tableau 14 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt thermophile de pins selon les types de distribution (voir la section 2.2. du Chap. V de la Première Partie).

Distribution	Effectifs et pourcentages					
	Strate arborée		Strate arbustive		Strate herbacée	
INDÉTERMINÉE genres espèces	- 0	- 0.0%	- 3	- 18.7%	- 9	- 17.3%
FLORE COSMOPOLITE genres espèces	0 0	0.0% 0.0%	2 0	14.3% 0.0%	16 1	32.6% 1.9%
FLORE AMÉRICAINE genres espèces	0 0	0.0% 0.0%	0 0	0.0% 0.0%	3 1	6.1% 1.9%
FLORE TROPICALE genres espèces	3 4	42.9% 21.1%	10 10	71.4% 62.5%	23 30	46.9% 57.7%
FLORE TEMPÉRÉE genres espèces	4 15	57.1% 78.9%	2 3	14.3% 18.7%	7 11	14.3% 21.2%
Total genres espèces	7 19	100.0% 100.0%	14 16	100.0% 100.0%	49 52	100.0% 100.0%

Tableau 15 - Affinités floristiques générales de la forêt thermophile de pins selon les strates: arborées (supérieure et inférieure), arbustive et herbacée.

Au niveau spécifique, seul l'élément mésoaméricain de montagne, avec 9 espèces, atteint les 10%. Par ordre d'importance, il est suivi par l'élément mésoaméricain de basse altitude (8 espèces, soit 8.9%) et par deux éléments tempérés, chacun avec 6 espèces, soit 6.7%: celui des espèces communes au Mexique et à l'Amérique centrale et celui des espèces endémiques du Mexique occidental (Tab. 14). Comme au niveau générique, les espèces d'affinités tropicales (47, soit 52.2%) sont majoritaires alors que les espèces d'affinités tempérées, au nombre de 28, ne représentent que 31.1% des taxons spécifiques. L'endémisme du Mexique est élevé puisque, avec 32 espèces, il participe pour 35.5% à la flore spécifique de ce groupement; ces endémiques sont d'affinités pour moitié tropicales et pour moitié tempérées; l'endémisme du Mexique occidental est le plus important, avec 5 espèces d'affinités tropicales et 6 tempérées.

Comme dans le cas des deux groupements précédents, les affinités floristiques sont différentes selon les strates (Tab. 15).

Parmi les espèces des strates arborées, 13 (soit 68.4%), dont 12 ont des affinités tempérées, sont endémiques du Mexique et près de la moitié (6 espèces) ont une distribution géographique réduite au Mexique occidental. Dans la strate arbustive,



Photo 11 - Forêt thermophile de pins dense où régénèrent Pinus douglasiana et P. oocarpa (R411). El Picacho Chiquito, Atapan, municipio Los Reyes, 1 700 m.

l'endémisme du Mexique est assez faible puisque 2 espèces ayant des affinités tropicales et 1 ayant des affinités tempérées sont endémiques du Mexique, soit 18.7%. Par contre, dans la strate herbacée l'endémisme spécifique du Mexique est de 32.7%; 1/3 de ces espèces ont des affinités tempérées et 2/3 des affinités tropicales.

3.4. Structure

Trois relevés structuraux de 50 x 50 m ont été réalisés dans la forêt thermophile de pins du Sud-Ouest de la Sierra Tarasque:

N°	Localité	Municipio	Altitude	Exposition	Pente
R411	El Picacho Chiquito, Atapan	Los Reyes	1 700	O	4
R412	El Encinar, Atapan	Los Reyes	1 520	N-NO	2
R413	La Yácata, Atapan	Los Reyes	1 760	O	1

Tous ces peuplements sont gemmés, *Pinus oocarpa* étant le meilleur producteur de résine (voir la section 2.1.2. du Chap. IV de la Première Partie). Dans le relevé R413, le gemmage est intensif, comme dans la plupart des peuplements.

3.4.1. Les paramètres structuraux

Les paramètres structuraux moyens de la forêt thermophile de pins sont donnés dans le tableau 16.

La densité totale reste assez constante d'un relevé à l'autre: elle est comprise entre 692 et 860 ind./ha (R413 et R412 respectivement) avec une moyenne de 793.3 (Tab. 16). La surface terrière totale est irrégulière puisqu'elle varie à peu près du simple au double, de 17.8 à 38.9 m²/ha (R411 et R413 respectivement), avec une moyenne de 26.9 m²/ha.

La densité totale la plus élevée se trouve dans le relevé R412, qui rend compte d'un peuplement secondaire. En effet, comme l'indique son nom, El Encinar, cette forêt a remplacé une forêt thermophile de chênes, dominée par *Quercus magnoliifolia*, *Q. scytophylla* et *Q. resinosa* qui sont caractéristiques du versant sud de la Sierra Tarasque, au-dessous de 1 500 m d'altitude. C'est une station où les chênes ont été abattus (en conservant les individus isolés de *Pinus oocarpa*), pour la fabrication de charbon de bois, au début des années 60. Le peuplement du relevé R411 est également récent puisqu'il résulte d'une coupe importante, mais tout de même partielle, des pins, effectuée il y a 10 ans au début des années 70. La densité totale y est également assez élevée (photo 11). Dans ces deux stations, la surface terrière totale n'est pas très forte (entre 17.8 et 24.0 m²/ha), du fait de la rareté des gros diamètres (voir la section 3.4.2.1. de ce même Chap.). Au contraire, le peuplement du relevé R413 ne subit que des coupes irrégulières n'intéressant que quelques individus, tous les pins de plus de 30

Espèces	d_k Ind./ha	dr_k %	f_k %	fr_k %	st_k cm ² /ha	str_k %	IVI_k %
<i>Pinus oocarpa</i>	493.3	62.2	96.0	43.9	191 767.6	71.3	59.1
<i>Pinus douglasiana</i>	173.3	21.8	46.7	21.3	63 019.6	23.4	22.2
<i>Quercus resinosa</i>	26.7	3.4	14.7	6.7	1 655.5	0.6	3.6
<i>Quercus scytophylla</i>	25.3	3.2	12.0	5.5	2 909.1	1.1	3.3
<i>Quercus magnoliifolia</i>	21.3	2.7	13.3	6.1	638.0	0.2	3.0
<i>Quercus subspathulata</i>	13.3	1.7	9.3	4.3	4 100.7	1.5	2.5
<i>Quercus castanea</i>	8.0	1.0	6.7	3.0	3 436.0	1.3	1.8
<i>Acacia pennatula</i>	12.0	1.5	5.3	2.4	345.2	0.1	1.4
<i>Arctostaphylos pungens</i>	9.3	1.2	5.3	2.4	289.5	0.1	1.2
<i>Arbutus xalapensis</i>	4.0	0.5	4.0	1.8	581.9	0.2	0.8
<i>Quercus laurina</i>	2.7	0.3	2.7	1.2	137.9	0.1	0.5
<i>Ternstroemia pringlei</i>	2.7	0.3	1.3	0.6	68.8	0.0	0.3
<i>Baccharis heterophylla</i>	1.3	0.2	1.3	0.6	27.2	0.0	0.3
Somme	793.3	100.0	218.7	100	268 976.8	100.0	100.0
H = 1.81	E = 0.49						

Tableau 16 - Paramètres structuraux moyens de la forêt thermophile de pins.

cm de DBH y étant gemmés: ainsi, une faible densité totale et une surface terrière totale élevée caractérisent cette station.

Pinus oocarpa est l'espèce dominante de ce groupement, avec un IVI de 59.1% (Tab. 16), même si *P. douglasiana* peut être la plus importante dans certains peuplements (par exemple dans R411 avec un IVI de 48.3%). Cette dernière espèce a, en moyenne, un IVI (22.2%) beaucoup plus faible que *P. oocarpa*. Toutes les autres espèces appartenant aux strates arborée inférieure ou arbustive possèdent un IVI moyen très faible ($IVI_k < 4\%$, Tab. 16).

De façon générale, pour chacune des espèces, les trois paramètres qui constituent l'IVI sont assez constants et homogènes: les espèces représentées par un grand nombre d'individus ont une surface terrière et une fréquence élevées et vice versa (Tab. 16): le genre *Quercus* totalise un IVI de 11 à 19% selon les relevés, largement inférieur à celui du genre *Pinus*, compris, lui, entre 77 et 85% (Tab. 17).

Espèces	IVI %			
	R411	R412	R413	Moyenne
<i>Pinus</i> spp.	77.4	82.4	84.3	81.3
<i>Quercus</i> spp.	18.7	11.9	13.1	14.7
Autres espèces	3.9	5.8	2.7	3.7

Tableau 17 - IVI des genres *Pinus* et *Quercus* et des autres espèces de la forêt thermophile de pins.

L'indice de diversité de Shannon, pour l'ensemble du groupement, est de 1.81 bit et l'équitabilité de 0.49 (Tab. 16). La diversité comme l'équitabilité de chaque peuplement pris individuellement sont encore plus faibles dans les relevés R412 et R413 ($H_{sh} = 0.71$ bit pour $E = 0.31$ et $H_{sh} = 1.10$ bit pour $E = 0.47$ respectivement) du fait du petit nombre d'espèces présentes (5) et l'abondance de *Pinus oocarpa* (dr_k de 87.4 et 79.2% respectivement). Ces indices sont supérieurs dans le relevé R411 ($H_{sh} = 1.86$ bit et $E = 0.66$), où le nombre d'espèces est plus élevé (7) et surtout où les deux espèces de pins sont abondantes ($dr_k = 54.6$ et 21.7%), tandis que deux espèces de chênes ont une densité relative proche de 10%.

3.4.2. Structure par classe de diamètre

3.4.2.1. Structure totale

Deux modèles de distribution du nombre total de tiges sont présents. Dans les relevés R411 et R412, les individus se distribuent selon une courbe en L plus ou moins redressée (Fig. 25). Les diamètres maximaux atteints sont faibles: ils ne dépassent pas 70 cm; il s'agit de peuplements jeunes (voir section précédente). Dans R411, 58.1% des tiges ont un DBH compris entre 5 et 10 cm et 68.4% entre 5 et 15 cm; dans R412 47.8% l'ont entre 5 et 10 cm et 71.5% entre 5 et 15 cm. Dans le dernier relevé (R413), l'histogramme de la distribution des tiges montre une forme générale en cloche tronquée à gauche et étalée vers les forts diamètres (Fig. 25).

La surface terrière présente, dans les trois peuplements, une structure irrégulière en cloche (Fig. 25). Un maximum, primaire (R411 et R412) ou secondaire (R413), se situe dans la classe 30-35 cm. Ce trait reflète, en partie, un aménagement anthropique qui consiste à favoriser et à conserver les pins de ce diamètre, au-dessous duquel les arbres ne sont pas aptes au gemmage. Par contre, au-dessus de cette valeur et après avoir été résinés, les arbres sont coupés assez rapidement.

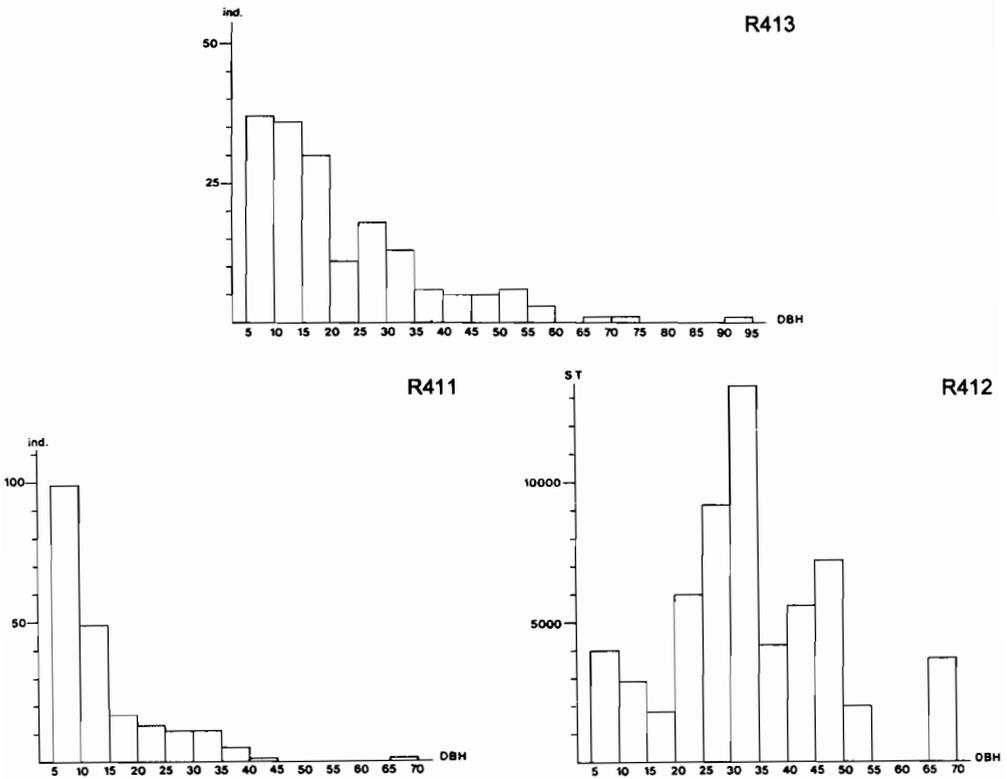


Figure 25 - Modèles des structures totales du nombre de tiges (R411 et R413) et de la surface terrière (R412) de la forêt thermophile de pins.

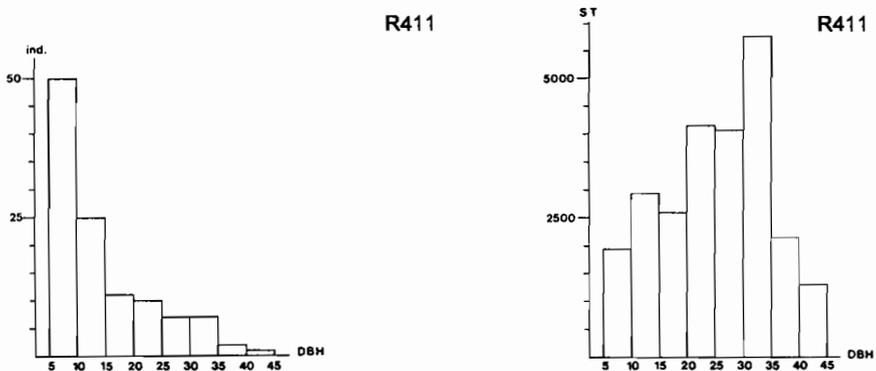


Figure 26 - Modèles des structures du nombre de tiges et de la surface terrière des espèces de Pinus de la forêt thermophile de pins (*Pinus douglasiana*, R411).

3.4.2.2. Structure par espèces

Les espèces arbustives, *Acacia pennatula*, *Arctostaphylos pungens*, *Baccharis heterophylla* et *Ternstroemia pringlei* ne comptent que quelques individus qui atteignent 5 cm de DBH dans les relevés R411 et R412.

Dans le relevé R413, *Quercus subspathulata* et *Q. castanea* ont une distribution, du nombre de tiges comme de la surface terrière, erratique entre 5 et 35 cm de DBH. Les autres espèces de la strate arborée inférieure, *Quercus magnoliifolia*, *Q. resinosa*, *Q. scytophylla*, *Q. laurina* et *Arbutus xalapensis*, ne sont représentées que par des individus dont les DBH restent inférieurs à 20 cm. Un nombre relativement élevé de tiges de 5 à 10 cm de DBH, de *Quercus resinosa* dans R411 et de *Q. magnoliifolia* dans R412, traduit la bonne régénération de ces deux espèces.

Dans les deux peuplements R411 et R412, les individus des deux espèces de pins (*Pinus douglasiana* et *P. oocarpa*) se distribuent selon une courbe en L plus ou moins redressée (Fig. 26), la première classe de DBH regroupant près de la moitié des tiges. Les courbes apparaissent plus surbaissées dans le relevé R411. Les surfaces terrières suivent un modèle identique, en cloche tronquée à gauche. Ces structures traduisent l'héliophilie de ces pins, qui se régénèrent après des coupes partielles, mais importantes.

Selon Mas Porras (1978), *P. oocarpa* possède une croissance lente dans la première étape de sa vie, puisqu'à 20 ans, il atteint un diamètre à peine supérieur à 5 cm. Ce qui explique la structure en L très redressé de cette espèce dans R412. Par contre, après 20 ans, sa croissance plus rapide favorise la reconstitution de la strate arborée supérieure.

Dans le relevé R413, le nombre de pins de petits diamètres relativement élevé montre la régénération de ces deux espèces héliophiles dans de petites trouées consécutives à l'abattage d'arbres de gros diamètres. Mais la structure irrégulière reflète le caractère anarchique de coupes pratiquées sur un peuplement apprécié pour l'extraction de la résine.

3.5. Régénération

Parmi les espèces arbustives secondaires de ce groupement, marquées du signe + dans la section 3.3.1. de ce même chapitre, celles, assez nombreuses, qui sont marquées du signe **, viennent de la forêt tropicale caducifoliée.

La plupart des considérations sur la régénération et la dynamique actuelle de la forêt mésophile de pins restent également valables pour ce groupement. En effet, les perturbations anthropiques sont les mêmes et les espèces de pins dominantes du groupement thermophile sont aussi héliophiles. Mais il faut souligner une différence importante: si, dans la forêt mésophile de pins, on assiste, dans certaines conditions, au remplacement de cette dernière par une forêt de chênes, le phénomène paraît ici inversé. Comme dans le cas du relevé R412, à la limite altitudinale inférieure de la forêt thermophile de pins, celle-ci peut constituer une phase de la succession de la forêt

thermophile de chênes. Ces forêts de pins secondaires peuvent se stabiliser, en particulier sous l'action des incendies, *Pinus oocarpa* étant une espèce adaptée au feu grâce, d'une part, à ses cônes fermés et très persistants (Little 1962) et, d'autre part, à sa capacité d'émettre des rejets à partir des racines après un incendie (Rzedowski *et al.* 1977).

4. Conclusion

La forêt de pins est physionomiquement homogène, en raison de la dominance du genre *Pinus*, qui fait l'unité de cette formation. Les deux groupements qui la composent, s'ils sont bien individualisés par leurs caractères écologiques et floristiques, restent liés à une pédogénèse andique déterminée essentiellement par un substrat géologique volcanique récent. Le groupement thermophile est caractérisé par des facteurs climatiques plus chauds et secs que ceux du groupement mésophile. De plus, si les conditions d'humidité et de température de la forêt mésophile de pins favorisent la stabilité des andosols au-dessus de 2 000 m, celles de la forêt thermophile provoquent une évolution fersiallitique marquée de ces derniers entre 1 500 et 2 000 m.

Comme nous l'avons signalé, ces deux groupements peuvent, dans leur forme actuelle, être considérés comme des péniclimax anthropiques. Pourraient-ils correspondre, avant tout, à des péniclimax édaphiques liés à l'andosolisation? Pour la forêt mésophile de pins, sa présence dans d'autres massifs montagneux du Mexique, sur des substrats géologiques plus anciens et des sols plus évolués mais dans un étage climatique comparable, ne semble pas confirmer cette hypothèse. En outre, les andosols de ce groupement ont un double déterminisme, géologique mais aussi climatique. Par contre, le déterminisme du groupement thermophile est essentiellement édaphique. En effet, puisqu'il s'agit du même étage altitudinal que pour la forêt tropicale caducifoliée, l'évolution pédologique climatique vers la ferruginisation pourrait s'accompagner d'une succession — lente et avec des stades intermédiaires de forêt thermophile de chênes par exemple — de la forêt thermophile de pins vers la forêt tropicale caducifoliée. Un indice floristique de cette hypothèse pourrait être l'importance relativement élevée, dans le groupement thermophile et par opposition au mésophile, des taxons tropicaux recensés dans les strates inférieures mais également dans la strate arborée.

Notes

- 31 En dessous de l'étage de la forêt de sapins et à l'exception des vallées encaissées et des pentes, peu étendues et protégées, où la forêt mésophile de montagne est présente, voir la section 3. du chapitre I de la Deuxième Partie.

- 32 J'avais dans un premier temps considéré que ce groupement méso-hygrophile était présent (Labat 1987), mais l'analyse complète des données et des vérifications postérieures sur le terrain n'ont pas confirmé ce premier résultat.
- 33 Je rappelle qu'il s'agit, pour chacun des trois paramètres, des valeurs du premier et troisième quartiles de leur distribution; la fourchette donnée correspond donc aux valeurs prises une année sur deux, centrées sur la médiane.
- 34 Ceci est dû, surtout, à l'exploitation plus ou moins sauvage du bois de pin, mais aussi aux autres facteurs d'anthropisation, gemmage et pâturage, voir la section 2.1. du chapitre IV de la Première Partie.
- 35 J'ai considéré, en accord avec Silva (1986), que *Pinus martinezii* Larsen, *P. maximinoi* Moore et *P. tenuifolia* Benth. sont des synonymes de *P. douglasiana*, alors que Madrigal (1982), dans son étude sur les conifères du Michoacán, considérait les deux premiers taxons comme valides.

III. LA FORÊT MÉSOPHILE DE MONTAGNE

1. Généralités

Le terme de forêt mésophile de montagne a été utilisé, apparemment pour la première fois, par Miranda (1947) pour décrire, dans la dépression du río Balsas, une communauté végétale analogue à la forêt étudiée ici, tant par ses caractéristiques écologiques que par sa composition floristique. Dans les travaux concernant le versant atlantique des massifs montagneux du Mexique et les sierras du Chiapas et du Guatemala, des forêts similaires ont été décrites sous les noms de forêt décidue, forêt décidue tempérée ou forêt caducifoliée humide de montagne par Miranda et Sharp (1950), Miranda (1952), Rzedowski (1965) et Puig (1976) en particulier.

Rzedowski et McVaugh (1966) ont insisté sur les similitudes physiologiques, écologiques et floristiques entre ces dernières et les forêts mésophiles de montagne (*stricto sensu*) du versant pacifique du Mexique, proposant d'utiliser le même terme pour les deux types de végétation: ils considèrent en effet qu'il s'agit de la même formation végétale, constituée de groupements vicariants et dérivés, peut-être, d'un ancêtre commun de plus ample distribution dans le passé; elle correspond au *cloud-forest* des anglo-saxons (Leavenworth 1946 et Léopold 1950).

Cette forêt mésophile de montagne constitue un type de végétation original qui se développe, au Mexique, dans le même étage altitudinal que les forêts de pins et les forêts de chênes: elle y occupe les stations les plus protégées, où les conditions d'humidité lui sont plus favorables. Étant donné sa position altitudinale à l'intérieur de la zone intertropicale, elle est caractérisée par un curieux et intéressant mélange des flores tropicale et tempérée, surtout au niveau des éléments arborés. En raison des exigences climatiques de ce type de végétation, sa distribution au Mexique est limitée et discontinue. Léopold (1950) estime qu'elle couvre 0.5% du territoire mexicain alors que Flores *et al.* (1971) considèrent que ce pourcentage s'élève à 0.87 %.

Tout le long de la façade est de la Sierra Madre Oriental, elle occupe une frange étroite et plus ou moins continue (voir Miranda et Sharp 1950 et Puig 1976, pour la Huastèque) qui commence au Sud-Ouest du Tamaulipas (Sharp *et al.* 1950; Hernández *et al.* 1951; Puig *et al.* 1983; Puig et Bracho 1987), se poursuit dans les États de San Luis Potosí (Rzedowski 1966), Hidalgo, Puebla et Veracruz (Gómez-Pompa 1966; Sousa 1968; Chiang 1970; Puig 1976; Vargas 1982; Narave 1985), et se termine dans le Nord et le Nord-Ouest du Oaxaca (Rzedowski et Palacios 1977). Après une interruption au niveau de l'isthme de Tehuantepec, la forêt mésophile de montagne est présente au Chiapas, sur le versant nord du massif central et sur les deux façades de la Sierra Madre (Miranda 1952; Miranda et Sharp 1950; Breedlove 1973; Zuill et Lathrop 1975). Pour la façade Pacifique, à l'ouest de l'isthme de Tehuantepec, elle est

signalée depuis le Oaxaca (Sarukhán 1968) et Guerrero (Lorenzo *et al.* 1983), dans la dépression du Balsas (Miranda 1947; Leavenworth 1946), en Nouvelle-Galice (Rzedowski et McVaugh 1966) et jusque dans le Nord du Sinaloa (Gentry 1946a). Dans l'axe néovolcanique transmexicain, en dehors du Michoacán, elle est également présente dans l'État de Mexico et dans la Vallée de Mexico (Rzedowski 1970; Rzedowski et Rzedowski 1979).

Dans la Sierra Tarasque, la forêt mésophile de montagne est constituée par deux groupements confinés au fond des ravins et aux versants protégés (comme sur presque toute la façade pacifique, Rzedowski 1978). Étant donné leur très faible extension, ils n'ont pu être cartographiés. L'un est de haute altitude, situé au sein de la forêt mésophile de pins, et l'autre de basse altitude, dans le même étage altitudinal que la forêt thermophile de pins. Le premier est en contact avec la forêt de sapins au-dessus de 2 700 m au niveau de la zone écotone; les espèces caractéristiques de la forêt mésophile de montagne disparaissent progressivement au profit d'*Abies religiosa*. Le deuxième groupement est remplacé, au-dessous de 1 600 m, par des éléments de la forêt tropicale caducifoliée de la dépression du Balsas qui remontent jusqu'à cette altitude le long des barrancas —j'ai rencontré les espèces suivantes: *Calliandra houstoniana*, *Canavalia hirsutissima*, *Hydrolea spinosa*, *Hyptis albida*, *Inga eriocarpa*, *Lippia umbellata*, *Lysiloma acapulcense*, *Psidium guajava* et *Serjania racemosa*. Il faut également signaler que l'on recense des espèces de la forêt mésophile de montagne dans de nombreux ravins de toute la sierra, où elles restent isolées au milieu des forêts de pins et de sapins.

2. Le biotope

La forêt mésophile de montagne occupe une aire de distribution discontinue dans le Centre, Sud et Ouest de la Sierra Tarasque. Les surfaces les plus grandes occupées par ce type de végétation ne dépassent pas 1 km². Elle se développe sur les flancs souvent très abrupts des ravins (barrancas), vallées encaissées et petits volcans, sites toujours protégés, entre 1 600 et 2 000 m, pour le groupement de basse altitude et entre 2 000 et 2 700 m, pour celui de haute altitude. La roche mère basaltique affleure généralement sous forme de gros blocs.

Les données écologiques, surtout climatiques, de la forêt mésophile de montagne sont rares, tant au Michoacán que pour l'ensemble du Mexique (Rzedowski 1978).

Les sols de la forêt mésophile de montagne sont jeunes et peu évolués. Ce sont des lithosols semblables à ceux décrits pour la forêt mésophile de pins, mais la composition de la litière constitue une différence significative: elle est ici beaucoup plus diversifiée, en raison de la richesse floristique des strates arborées et arbustives. Étant donné les caractéristiques microclimatiques, les sols de ces forêts sont toujours humides, même durant la saison sèche, mais jamais saturés d'eau car le drainage interne est très bon.

L'insuffisance des données climatiques disponibles ne permet pas de préciser la variation des facteurs microclimatiques, qui sont fort importants, pour ce type de végétation. Les stations climatiques les plus proches de la forêt mésophile de montagne

sont Los Reyes, pour le groupement de basse altitude, et Pátzcuaro pour celui de haute altitude. Toutes deux ont déjà fourni des données respectivement aux sections 3.1.2. et 2.1.2. du chapitre II de la Deuxième Partie. Elles permettent de préciser les facteurs mésoclimatiques de cette forêt qui, en fait, sont à cette échelle identiques à ceux de la forêt mésophile de pins pour le premier groupement et à ceux de la forêt thermophile de pins pour le second. On peut résumer les paramètres climatiques de la façon suivante:

- groupement de haute altitude: température moyenne annuelle de 13°C à 16°C, température du mois le plus froid (janvier) de 8°C à 13°C, précipitations moyennes annuelles de 1 000 à 1 400 mm, saison sèche de 3 à 6 mois;
- groupement de basse altitude: température moyenne annuelle de 19°C à 16.5°C, température du mois le plus froid (janvier) de 13°C à 16°C, précipitations moyennes annuelles de 900 à 1 100 mm, saison sèche de 6 à 7 mois.

À la différence des forêts de pins, la forêt mésophile de montagne a besoin d'une humidité atmosphérique élevée pour se développer. Durant la saison sèche, cette humidité est assurée essentiellement par la présence de brouillards matinaux qui peuvent stagner jusqu'à la mi-journée. Ces brouillards et l'humidité qu'ils apportent ont une action durable dans ces stations protégées du vent, où, de plus, ils préservent des fortes insulations. Bien qu'il n'existe aucune mesure comparative, il est indiscutable qu'à l'intérieur de la forêt les variations diurnes des températures et de l'humidité de l'air sont considérablement atténuées: le sous-bois est donc soumis à un régime microclimatique différent et tamponné par rapport à celui qui existe au niveau de la strate arborée supérieure (Rzedowski 1978). Cette caractéristique semble primordiale, non seulement pour les plantes herbacées et arbustives, mais également pour les germinations et les stades juvéniles des espèces arborées.

3. Physionomie

Les deux groupements ont à peu près la même physionomie: ce sont des forêts de 20 à 30 mètres de hauteur, dont les peuplements sont subpérennifoliés, à part quelques espèces (de chênes en particulier) caducifoliées durant une courte période (1 à 3 mois au maximum), pendant la saison sèche. La forêt mésophile de montagne est dense et montre une stratification complexe; les différentes strates sont toujours présentes, même si leur densité varie, surtout en fonction du degré d'ouverture des strates arborées et de la quantité de lumière qui pénètre dans le sous-bois.

Une strate arborée supérieure, de 20 à 30 m de hauteur, est constituée d'arbres aux troncs droits qui ne se ramifient qu'entre la moitié et le tiers supérieur, formant des cimes arrondies (pour les espèces de pins et de chênes entre autres) ou pyramidales (comme dans le cas d'*Abies religiosa*). Cette strate, comme la suivante, est assez riche en épiphytes et le feuillage des lianes y est abondant.

De nombreuses espèces latifoliées forment une strate arborée inférieure de 7 à 15 m



Photo 12 - Sous-bois de la forêt mésophile de montagne. Guanatini, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 500 m.

de hauteur. Les troncs, droits dans la moitié inférieure, sont très ramifiés dès la mi-hauteur, avec des cimes en général denses et de forme hémisphérique.

La couverture de ces strates arborées est très élevée, généralement proche de 100% et, par conséquent, le sous-bois est sombre; seuls de rares et étroits rayons de lumière y pénètrent directement.

La strate arbustive, même si elle est claire, est toujours présente et d'autant plus dense que l'intensité lumineuse incidente est élevée. Les arbustes sont ramifiés dès la base ou au contraire monocaules, avec un axe principal dégarni de feuilles jusque dans sa partie terminale, comme certaines espèces de *Senecio*. Les feuilles sont en général de taille moyenne à grande et souvent pubescentes.

La strate herbacée reste claire, peu d'espèces pouvant se contenter de la faible quantité de lumière qui arrive au sol (photo 12). L'abondance des briophytes, des lichens (non considérés ici) et des fougères est considérable.

Les épiphytes et les lianes sont abondantes et, comme dans la strate herbacée, les végétaux inférieurs et les fougères sont très fréquents.

Les feuilles des espèces arborées n'ont pas de caractéristiques bien définies si ce n'est qu'elles sont en grande majorité de type mésophylle et simples, sauf de notables exceptions (*Fraxinus uhdei*, *Oreopanax echinops* et *Mimosa* sp. qui sont en outre des espèces rares). Les feuilles sont, en pourcentages équivalents, entières ou dentées, pubescentes ou glabres, souples ou rigides. Elles sont dans l'ensemble de taille moyenne pour le groupement de haute altitude, les espèces macrophylles (plusieurs espèces de *Quercus*, *Hedyosmum mexicanum* et *Oreopanax echinops* en particulier) étant plus nombreuses dans le groupement de basse altitude. La petite taille des fleurs, inférieures à 5 mm, constitue un caractère commun à 80% des espèces arborées.

Une étude récente sur l'écologie reproductive d'arbres d'une forêt mésophile de montagne du Michoacán proche de Pátzcuaro a montré le caractère saisonnier de la floraison des espèces arborées dominantes (Hernández et Carreón 1987): un pic principal se situe dans l'interphase saison sèche-saison des pluies et un secondaire dans l'interphase saison des pluies-saison sèche. Par contre, les espèces arbustives et herbacées fleurissent essentiellement en saison des pluies.

Dans le détail, 4 modèles saisonniers de floraison ont été individualisés, dont 3 sont, avec certitude, représentés dans la zone d'étude:

1) Les espèces qui fleurissent au milieu ou dans la deuxième moitié de la saison sèche (*Arbutus xalapensis*, *Pinus pseudostrubus*, *Quercus rugosa* et *Q. laurina*, par exemple).

2) Les espèces qui commencent leur floraison pendant la saison sèche et la continuent jusqu'au début de la saison des pluies (comme c'est le cas de *Ternstroemia pringlei*, *Tilia mexicana* et *Styrax ramirezii*).

3) Celles qui démarrent leur floraison pendant la saison des pluies et qui fleurissent jusqu'au début de la saison sèche (comme par exemple *Meliosma dentata* et *Symplocos prionophylla*).

Les espèces les plus abondantes (elles appartiennent aux genres *Abies*, *Pinus* et *Quercus*) sont anémophiles, mais la plupart des espèces caractéristiques de cette forêt

sont entomophiles (parmi les espèces étudiées par Hernández et Carreón 1987, celles qui appartiennent aux genres *Clethra*, *Meliosma*, *Oreopanax*, *Styrax*, *Symplocos*, *Ternstroemia* et *Tilia*) et ont des niveaux relativement élevés d'auto-compatibilité.

4. Floristique

4.1. Composition floristique

4.1.1. La forêt mésophile de montagne de haute altitude

La strate arborée haute est dominée par deux ou trois des espèces suivantes (qui sont souvent différentes d'une localité à l'autre):

<i>Abies religiosa</i>	<i>Quercus laurina</i>
<i>Clethra mexicana</i>	<i>Q. subspathulata</i>
<i>Pinus pseudostrobus</i>	

Les autres espèces de cette strate sont:

<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Pinus montezumae</i>
<i>Garrya laurifolia</i>	<i>P. montezumae</i> f. <i>macrocarpa</i>
<i>Ilex brandegeana</i>	<i>P. teocote</i>
<i>Pinus leiophylla</i>	<i>Tilia mexicana</i>

La strate arborée inférieure est dominée par une ou plusieurs des espèces suivantes:

<i>Quercus castanea</i> *	<i>Symplocos prionophylla</i>
<i>Q. obtusata</i> *	<i>Ternstroemia pringlei</i>
<i>Styrax ramirezii</i>	

Elle est également constituée par:

<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Quercus crassifolia</i> *
<i>A. xalapensis</i>	<i>Q. crassipes</i> *
<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Q. peduncularis</i>
JNL 1386	<i>Q. rugosa</i> *

Quelques rares individus des espèces marquées du signe * peuvent atteindre la strate arborée supérieure.

La strate arbustive peut être dominée par une ou plusieurs de ces espèces: *Cestrum nitidum*, *Eupatorium mairertianum* et *Viburnum microphyllum*.

Quelques espèces arbustives sont peu abondantes ou rares:

<i>Arctostaphylos longifolia</i>	JNL 815
<i>Ceanothus coeruleus</i>	JNL 1348
<i>Cestrum anagyris</i>	JNL 1356
<i>Desmodium sumichrastii</i>	<i>Montanoa</i> aff. <i>frutescens</i>
<i>Eupatorium</i> sp.1	<i>Senecio</i> sp.3
<i>Fuchsia cylindracea</i>	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>
<i>F. fulgens</i>	<i>Verbesina discoidea</i>
<i>F. parviflora</i>	

Dans la strate herbacée, je n'ai rencontré que *Festuca breviglumis*, parmi les végétaux supérieurs, qui ait une couverture comprise entre 25 et 50%; toutes les autres espèces étant peu abondantes ou rares; ce sont:

<i>Adiantum braunii</i>	<i>Fuchsia</i> cf. <i>thymifolia</i> ssp. <i>minimiflora</i>
<i>Arenaria lanuginosa</i>	<i>Geranium latum</i>
<i>Arracacia atropurpurea</i>	<i>Lobelia nana</i>
<i>Asclepias contrayerba+</i>	<i>Lopezia racemosa+</i>
<i>Astranthium condimentum+</i>	<i>Macromeria discolor</i>
<i>Bidens aequisquama</i>	<i>Penstemon campanulatus+</i>
<i>B. aurea+</i>	<i>Pinguicula macrophylla</i>
<i>B. ostruthioides+</i>	<i>Piptochaetium virescens</i>
<i>Bouvardia ternifolia</i>	<i>Rhodosciadium purpureum</i>
<i>Castilleja agrestis+</i>	<i>Salvia cinnabarina</i>
<i>Cheilanthes lendigera</i>	<i>S. clinopodioides+</i>
<i>Conopholis alpina</i>	<i>S. mexicana</i>
<i>Cosmos scabiosoides+</i>	<i>S. purpurea</i>
<i>Crusea coccinea</i> var. <i>coccinea</i>	<i>S. sp.</i>
<i>Dalea obovatifolia</i> var. <i>uncifera+</i>	<i>Scutellaria coerulea</i>
<i>D. reclinata+</i>	<i>Senecio angulifolius</i>
<i>Dichanthelium</i> cf. <i>albomaculatum</i>	<i>Stevia ovata+</i>
<i>Elaphoglossum</i> aff. <i>gratum</i>	<i>Viola</i> cf. <i>hookeriana</i>
<i>Erythroides ovatilabia</i>	
<i>Eupatorium</i> sp.2	

Les espèces suivies du signe + ne se rencontrent que dans les zones ouvertes, en particulier en lisière des forêts, au contact des prairies ou des champs.

Les plantes herbacées grimpantes sont:

<i>Cologania grandiflora</i>	JNL 814
<i>Cremastopus rostratus</i>	<i>Phaseolus acutifolius</i> var. <i>acutifolius</i>
<i>Desmodium uncinatum</i>	<i>P. coccineus</i>
<i>Didymaea floribunda</i>	<i>Rubus humistratus</i>
<i>Galium uncinulatum</i>	

Les lianes ligneuses ou semi-ligneuses dont la liste suit peuvent parfois atteindre 10, voire 20 m, de long, et sont souvent envahissantes:

Archibaccharis schiedeana
Rhus radicans
Smilax cf. *moranensis*

Smilax pringlei
Solanum appendiculatum

Les épiphytes sont moins abondants que dans le groupement de basse altitude; on peut citer, entre autres, *Encyclia adenocaula*, *Laelia* cf. *bancalarii* et une espèce parasite, *Struthanthus microphyllus*.

4.1.2. La forêt mésophile de montagne de basse altitude

Ce groupement étant très peu étendu dans la zone d'étude, où sa distribution est réduite à des fonds de ravins du Sud-Ouest de la Sierra Tarasque, l'inventaire floristique qui suit est certainement incomplet: mais il a cependant permis de distinguer ce groupement du précédent.

Les espèces de la strate arborée supérieure sont:

Annona cherimola
Carpinus caroliniana
Clethra mexicana
Ficus padifolia
F. sp.

Fraxinus uhdei
Meliosma dentata
Quercus laurina
Q. scytophylla

La strate arborée inférieure est constituée par:

Arbutus xalapensis
Clusia salvinii
Hedyosmum mexicanum
Inga hintonii
Oreopanax echinops
Prunus serotina ssp. *capuli*
Quercus magnoliifolia

Quercus obtusata
Q. resinosa
Q. rugosa
Schoepfia schreberi
Styrax ramirezii
Symplocos prionophylla
Ternstroemia pringlei

Dans la strate arbustive, on trouve:

Fuchsia cylindracea
Malva viscus arboreus
Piper sp.

Pothomorphe umbellata
Solanum torvum

Quant aux espèces qui entrent dans la composition de la strate herbacée, ce sont:

Acalypha unibracteata
Arisaema macrospatum
Begonia barkeri
Bouvardia multiflora
Cynoglossum pringlei
Pinguicula macrophylla

Ranunculus petiolaris
Salvia mexicana
Solanum americanum
Thalictrum gibbosum
Zephyranthes carinata

Comme lianes, je n'ai rencontré que *Dioscorea* sp.1 et *Rhus radicans*, et comme épiphytes: *Encyclia adenocaula*, *E. linkiana*, *Peperomia* cf. *glabella*, *P. quadrifolia* et *Polypodium plesiosorum*.

4.2. Affinités floristiques

Les distributions géographiques générales de la flore de cette forêt, les deux groupements confondus³⁶, mettent en évidence l'importance relative des taxons d'affinités tropicales, qui représentent 47.2% des genres et 50.0% des espèces, alors que ceux d'affinités tempérées n'y participent respectivement que pour 28.1 et 35.6% (Tab. 18).

Au niveau générique, les trois éléments qui comptent le plus de genres sont (Tab. 18): l'élément pan-néotropical (12 genres, soit 13.5%), l'élément circumboréal (8 genres soit 9.0%) et l'élément tropical commun à l'Amérique et à l'Asie et/ou à l'Océanie (7 genres soit 13.5%). Si, de plus, on considère l'élément tempéré commun Amérique-Est de l'Asie (2 genres), le pourcentage de genres bicontinentaux atteint 10.1%. Comme pour la forêt mésophile de montagne considérée sur l'ensemble du Mexique (Miranda 1960), c'est dans ce type de végétation que les relations avec la flore asiatique sont les plus évidentes.

Au niveau spécifique, les taxons de l'élément mésoaméricain de montagne sont, de loin, les plus nombreux, avec 28 espèces, soit 21.2%. Le deuxième par ordre d'importance est l'élément tempéré commun au Mexique et à l'Amérique centrale avec 13 espèces, soit 9.8%.

L'endémisme mexicain est inexistant au niveau générique (Rzedowski 1978 signale qu'il est rare pour ce type de végétation dans l'ensemble du Mexique); en contrepartie il est élevé au niveau spécifique, avec 43 espèces, soit 32.6%. Cet endémisme est plus fort, en nombre absolu mais surtout de façon relative, parmi les espèces d'affinités tempérées (25 espèces) que parmi celles d'affinités tropicales (18 espèces). Les éléments endémiques qui comptent le plus d'espèces sont les deux éléments du centre du Mexique (10 et 7 espèces d'affinités respectivement tropicales et tempérées) et l'élément tempéré mexicain (9 espèces). Les affinités floristiques à l'intérieur de chaque strate sont, ici encore, fort différentes (Tab. 19).

Le nombre relatif de genres d'affinités tropicales, qui est à son minimum dans la strate arborée supérieure, passe par un maximum dans la strate arborée inférieure pour décroître dans la strate arbustive et herbacée. Par contre, la proportion d'espèces tropicales augmente régulièrement de la strate la plus haute à la strate la plus basse.

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	18	13.6
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	5	5.6	0	0.0
2. Surtout tempérée	5	5.6	0	0.0
3. Surtout américaine	2	2.2	0	0.0
4. Surtout tropicale	4	4.5	0	0.0
5. Surtout néotropical	4	4.5	0	0.0
SOUS-TOTAL	20	22.5	0	0.0
FLORE AMÉRICAINE				
6. Américaine	2	2.2	1	0.8
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	5	5.6	0	0.0
8. Surtout américaine	6	6.7	0	0.0
9. Surtout africaine	0	0.0	0	0.0
10. Surtout asiatique	1	1.1	0	0.0
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	1	1.1	0	0.0
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	7	7.9	0	0.0
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropical	12	13.5	4	3.0
14. Andine	2	2.2	3	2.3
15. Caraïbienne	0	0.0	5	3.8
16. Mésoaméricaine de basse altitude	2	2.2	8	6.1
17. Mésoaméricaine de montagne	6	6.7	28	21.2
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	0	0.0	2	1.6
19. Mexique occidental	0	0.0	4	3.0
20. Sud du Mexique	0	0.0	1	0.8
21. Centre du Mexique	0	0.0	10	7.6
22. Nord du Mexique	0	0.0	1	0.8
SOUS-TOTAL	42	47.2	66	50.0
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	2	2.2	0	0.0
24. De large distribution mais surtout américaine	0	0.0	0	0.0
25. De large distribution mais surtout eurasienne	0	0.0	0	0.0
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	2	2.2	0	0.0
27. Circumboréale	8	9.0	0	0.0
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	4	4.5	0	0.0
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	2	2.2	0	0.0
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	1	1.1	0	0.0
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINE				
31. Nord-américaine	4	4.5	2	1.5
32. Commune Mexique et États-Unis	0	0.0	0	0.0
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.0	1	0.8
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	2	2.2	6	4.5
35. Commune Mexique et Amérique centrale	0	0.0	13	9.8
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	0	0.0	9	6.8
37. Nord du Mexique	0	0.0	2	1.5
38. Centre du Mexique	0	0.0	7	5.3
39. Mexique occidental	0	0.0	4	3.0
40. Sud du Mexique	0	0.0	3	2.3
SOUS-TOTAL	25	28.1	47	35.6
FLORE ENDÉMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	0	0.0	0	0.0
42. Mexique	0	0.0	0	0.0
SCUS-TOTAL	0	0.0	0	0.0
TOTAL	89	100.0	132	100.0

Tableau 18 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt mésophile de montagne selon les types de distribution (voir la section 2.2. du Chap. V de la Première Partie).

Distribution	Effectifs et pourcentages							
	Strate arborée supérieure		Strate arborée inférieure		Strate arbustive		Strate herbacée	
INDÉTERMINÉE genres espèces	- 1	- 5.3%	- 1	- 4.8%	- 6	- 28.6%	- 4	- 8.5%
FLORE COSMOPOLITE genres espèces	1 0	8.3% 0.0%	1 0	8.3% 0.0%	4	26.7% 0.0%	13 0	31.7% 0.0%
FLORE AMÉRICAINE genres espèces	0 0	0.0% 0.0%	0 0	0.0% 0.0%	0 0	0.0% 0.0%	2 1	4.9% 2.1%
FLORE TROPICALE genres espèces	3 4	25.0% 21.1%	8 7	66.7% 33.3%	6 11	40.0% 52.4%	15 29	36.6% 61.7%
FLORE TEMPÉRÉE genres espèces	8 14	66.7% 73.7%	3 13	25.0% 61.9%	5 4	33.3% 19.0%	11 13	26.8% 27.7%
Total genres espèces	12 19	100.0% 100.0%	12 21	100.0% 100.0%	15 21	100.0% 100.0%	41 47	100.0% 100.0%

Tableau 19 - Affinités floristiques générales de la forêt mésophile de montagne selon les strates: arborée supérieure, arborée inférieure, arbustive et herbacée.

5. Structures

Trois relevés structuraux de 50 x 50 m ont été réalisés dans le groupement de haute altitude:

N°	Localité	Municipio	Altitude	Exposition	Pente
R408	Ompirácuaro, Ocumicho	Charapan	2 290	NO	2-3
R423	Guanatini, Pamatácuaro	Los Reyes	2 500	N	4
R426	Kahuiteran, Pamatácuaro	Los Reyes	2 620	SW	4

Étant donné la distribution du groupement de basse altitude (réduite à des *barrancas* étroites, où la végétation n'est uniforme que sur quelques dizaines de mètres dans le fond du ravin), aucun relevé structural de 50 x 50 m n'est réalisable: ces 2 500 m² seraient constitués d'une mosaïque de forêt mésophile de montagne et de forêt

thermophile de pins. Par contre les aires continues occupées par le groupement de haute altitude sont, dans quelques localités, un peu plus vastes, même si, pour la majorité d'entre elles, il ne s'agit déjà que de zones écotones. Ainsi je n'ai rencontré qu'une seule forêt (site du relevé R423) occupant une aire continue assez étendue (de l'ordre de 0.5 km²), peu perturbée et qui ne soit pas déjà une forme de transition conduisant à un autre groupement végétal³⁷. Les deux autres relevés correspondent à des forêts de transition évoluant vers la forêt de sapins (R426) ou la forêt de chênes (R408).

5.1. Les paramètres structuraux

La densité totale varie énormément d'une station à l'autre: très élevée dans le relevé R423 (1 664 ind./ha), où toutes les strates sont bien développées, elle diminue dans R426 (632 ind./ha) où les strates arborée inférieure et arbustive sont plus claires. En moyenne, la densité totale est forte: 1 025 ind./ha (Tab. 20). La surface terrière totale, qui s'élève en moyenne à 44.4 m²/ha, est maximale dans R423 (52.6 m²/ha) et minimale dans R408 (30.9 m²/ha), où la strate arborée supérieure est la moins développée.

Les espèces les plus abondantes (densité moyenne élevée) sont deux espèces d'arbres bas (*Ternstroemia pringlei* et *Styrax ramirezii* avec chacune une dr_k proche de 19%), suivies d'une espèce d'arbre haut, *Abies religiosa* ($dr_k = 10.0\%$). Les espèces dominantes (dominance moyenne élevée) sont des espèces d'arbres hauts, ce qui est en conformité avec les forts diamètres atteints (6 individus de *Pinus pseudostrobus* ont plus de 100 cm de DBH dans l'ensemble des relevés). Quatre espèces atteignent une dominance relative supérieure à 10% (Tab. 20): *Pinus pseudostrobus* ($str_k = 28.8\%$), *Quercus laurina* ($str_k = 13.0\%$), *Q. subspathulata* ($str_k = 12.5\%$) et *Abies religiosa* ($str_k = 11.9\%$). Les moyennes des valeurs relatives de l'abondance, de la dominance et de la fréquence mettent en évidence les 7 espèces importantes de ce groupement ($9 < IVI_k < 13.2\%$), dont 4 sont des arbres hauts (espèces caractérisées par les str_k les plus élevées alors que leurs fr_k et dr_k restent inférieures à 10%) et 3 des arbres bas (avec leurs fr_k et dr_k élevées, comprises entre 7 et 20%, alors que leur str_k , plus basse, se situe entre 2 et 5%).

L'influence de la forêt de chênes est bien marquée dans le relevé R408, où les 3 espèces les plus importantes (IVI_k 13%) appartiennent au genre *Quercus*. Dans R426, *Abies religiosa* et *Pinus pseudostrobus* (avec un $IVI_k > 25\%$) traduisent l'influence de la forêt de sapins.

Dans le peuplement le plus représentatif (R423), les deux espèces les plus importantes ($15 < IVI_k < 20\%$), *Styrax ramirezii* et *Ternstroemia pringlei*, sont les plus abondantes ($24 < dr_k < 36\%$) et montrent des distributions spatiales très régulières ($96 < f_k < 100\%$). Par contre, les 3 espèces qui suivent par ordre d'importance ($9 < IVI_k < 12\%$), *Pinus pseudostrobus*, *Quercus subspathulata* et *Q. laurina*, sont des arbres hauts caractérisés par des densités et des fréquences relatives assez faibles ($3 < dr_k < 6\%$ et $5 < fr_k < 11\%$) comparées à leur dominance relative ($18 < str_k < 35\%$).

L'indice de diversité et l'équitabilité varient d'un relevé à l'autre. H_{sh} atteint des

Espèces	d_k Ind./ha	dr_k %	f_k %	fr_k %	stk cm ² /ha	str_k %	IV_k %
<i>Pinus pseudostrobus</i>	49.3	4.8	28.0	5.9	127 930.8	28.8	13.2
<i>Temstroemia pringlei</i>	197.3	19.2	70.7	14.9	21 214.8	4.8	13.0
<i>Abies religiosa</i>	102.7	10.0	46.7	9.8	52 696.5	11.9	10.6
<i>Quercus laurina</i>	86.7	8.5	44.0	9.3	57 774.1	13.0	10.2
<i>Styrax ramirezii</i>	196.0	19.1	33.3	7.0	10 749.6	2.4	9.5
<i>Quercus subspathulata</i>	62.7	6.1	42.7	9.0	55 395.3	12.5	9.2
<i>Symplocos prionophylla</i>	101.3	9.9	58.7	12.4	8 741.2	2.0	8.1
<i>Quercus castanea</i>	48.0	4.7	21.3	4.5	27 569.7	6.2	5.1
<i>Clethra mexicana</i>	32.0	3.1	24.0	5.1	15 163.7	3.4	3.9
<i>Quercus obtusata</i>	40.0	3.9	20.0	4.2	11 505.5	2.6	3.6
<i>Crataegus pubescens</i>	25.3	2.5	17.3	3.7	5 290.4	1.2	2.4
<i>Quercus rugosa</i>	12.0	1.2	8.0	1.7	12 292.5	2.8	1.9
<i>Cestrum nitidum</i>	20.0	2.0	14.7	3.1	532.5	0.1	1.7
<i>Arbutus xalapensis</i>	13.3	1.3	9.3	2.0	6 716.3	1.5	1.6
<i>Pinus montezumae</i> f. <i>macrocarpa</i>	2.7	0.3	2.7	0.6	14 890.7	3.4	1.4
<i>Quercus crassifolia</i>	6.7	0.7	5.3	1.1	6 180.7	1.4	1.1
<i>Ilex brandegeana</i>	4.0	0.4	4.0	0.8	1 895.6	0.4	0.6
<i>Quercus crassipes</i>	2.7	0.3	2.7	0.6	2 511.3	0.6	0.5
<i>Eupatorium mairetianum</i>	4.0	0.4	4.0	0.8	411.7	0.1	0.4
<i>Viburnum microphyllum</i>	4.0	0.4	4.0	0.8	54.4	0.0	0.4
<i>Tilia mexicana</i>	2.7	0.3	2.7	0.6	1 275.3	0.3	0.4
<i>Senecio</i> sp.3	4.0	0.4	2.7	0.6	81.5	0.0	0.3
<i>Garrya laurifolia</i>	1.3	0.1	1.3	0.3	2 819.1	0.6	0.3
<i>Pinus montezumae</i>	1.3	0.1	1.3	0.3	298.0	0.1	0.2
<i>Pinus leiophylla</i>	1.3	0.1	1.3	0.3	115.6	0.0	0.1
<i>Fraxinus uhdei</i>	1.3	0.1	1.3	0.3	108.7	0.0	0.1
JNL1348	1.3	0.1	1.3	0.3	102.0	0.0	0.1
<i>Arctostaphylos longifolia</i>	1.3	0.1	1.3	0.3	30.7	0.0	0.1
Somme	1 025.3	100.0	474.7	100.0	44 348.3	100.0	100.0
H = 3.59	E = 0.85						

Tableau 20 - Paramètres structuraux moyens de la forêt mésophile de montagne de haute altitude.

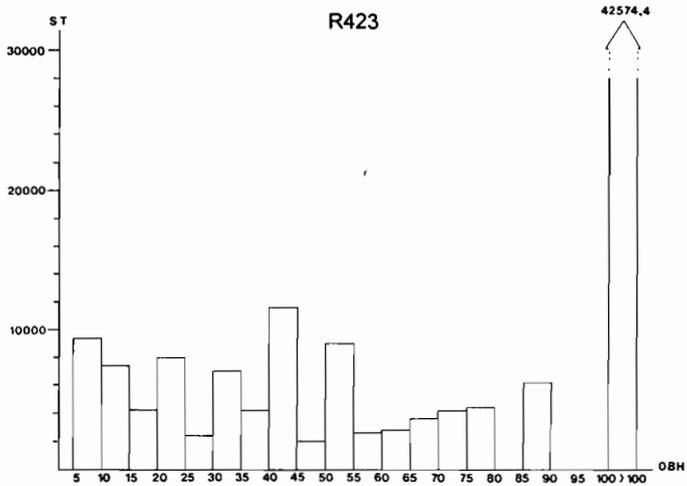
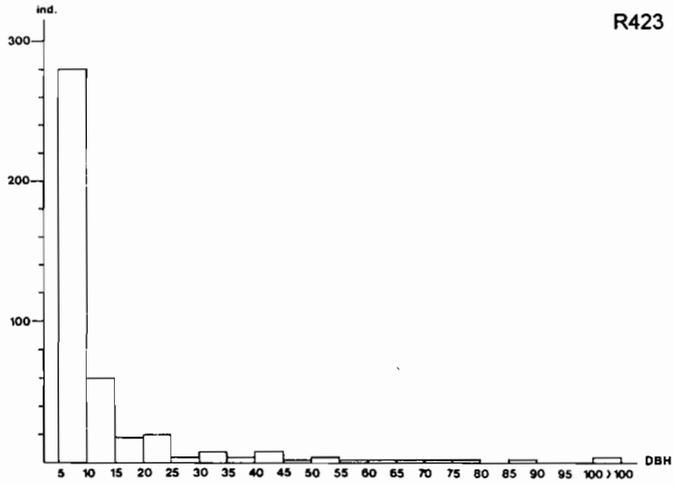


Figure 27 - Structures totales du nombre de tiges et de la surface terrière de la forêt mésophile de montagne de haute altitude (R423).

valeurs comparables dans les relevés R408 et R423 (3.04 et 2.90 respectivement). L'équitabilité est plus faible dans le second relevé ($E = 0.68$) car près de la moitié des espèces (9 sur 19) ne comptent qu'avec un maximum de 3 individus chacune (soit, pour ces 9 espèces, un nombre de 15 individus sur un total de 1 664). Dans le relevé R426, à un indice de diversité plus faible ($H = 2.42$) correspond une équitabilité intermédiaire ($E = 0.76$) entre celles des deux relevés précédents, ce qui s'explique par le petit nombre d'espèces présentes dans R426 et par la bonne distribution de l'abondance de 5 espèces ($10.8 < dr_k < 38.6\%$) dont la densité partielle atteint 94.6 %.

L'indice de diversité pour l'ensemble du groupement de haute altitude est de 3.59 bits, avec une équitabilité forte de 0.85 (Tab. 20). Cette diversité reste légèrement plus faible que celle obtenue par Puig *et al.* (1983), $H_{sh} = 4.24$, dans une forêt mésophile de montagne du Nord de la Sierra Madre Oriental.

5.2. Structure par classe de diamètre

5.2.1. Structure totale

Dans les trois relevés, la distribution du nombre total de tiges décroît, de façon plus ou moins régulière, entre 5 et 45 cm de DBH pour devenir irrégulière ou erratique au-dessus de 45 cm: l'histogramme du relevé R423 a une forme générale en L très redressé (Fig. 27). 67.3% des tiges ont un DBH compris entre 5 et 10 cm; cette structure traduit une régénération importante, surtout de trois espèces de la strate arborée inférieure (*Styrax ramirezii*, *Ternstroemia pringlei* et *Symplocos prionophylla*, voir plus bas). Dans les deux autres relevés, les tiges de $5 < \text{DBH} < 10$ cm ne représentent qu'un peu plus de 30% du nombre total de tiges. Les diamètres maximaux atteignent des valeurs supérieures à 100 cm dans R423 (3 *Pinus pseudostrobus* ont des DBH compris entre 100 et 116 cm et 1 *Abies religiosa* a 132 cm de DBH) et dans R426 (3 *P. pseudostrobus* ont des DBH de 105 à 113 cm). Dans R408 et R423, 3.6% des tiges ont un diamètre supérieur à 45 cm; cette proportion atteint 14.6% dans R426, une station de transition avec la forêt mésophile de sapins.

La distribution des surfaces terrières est irrégulière dans les trois relevés (Fig. 27). Les maxima enregistrés, pour une des classes supérieures à 85 cm de DBH, sont élevés dans les relevés R423 et R426. Ils correspondent à un petit nombre d'individus de gros diamètres de la strate supérieure (Fig. 27).

5.2.2. Structure par espèces

Les plantes arbustives *Arctostaphylos longifolia*, *Viburnum microphyllum*, *Senecio* sp.3, *Crataegus pubescens*, l'indéterminée JNL 1348 et *Eupatorium mairatianum* possèdent peu d'individus qui dépassent 5 cm de DBH, ou 10 cm dans le cas de la dernière espèce; *Cestrum nitidum* en compte un plus grand nombre (15 tiges dans R423).

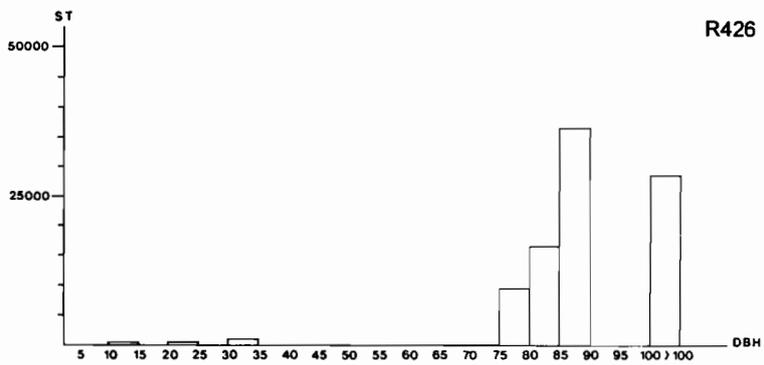
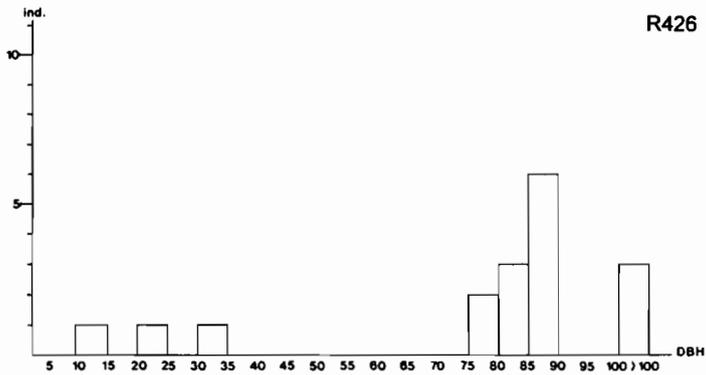


Figure 28 - Structures du nombre de tiges et de la surface terriere de Pinus pseudostrobus dans la forêt mésophile de montagne de haute altitude (R426).

Dans les deux relevés où *Pinus pseudostrobus* est présent, les distributions, tant du nombre de tiges que de la surface terrière, sont irrégulières (Fig. 28) et caractérisées par l'absence de diamètres intermédiaires (entre 40 et 100 cm dans R423 et entre 35 et 75 cm dans R426). La proportion relative assez élevée de gros diamètres (surtout dans R426) est marquée par une surface terrière dont les valeurs sont beaucoup plus importantes vers les forts diamètres (Fig. 28). La présence de 12 individus de 5 à 15 cm de DBH dénote une légère régénération de cette espèce dans le relevé R423, alors qu'elle est presque nulle dans R426 (Fig. 28).

Abies religiosa a également une structure irrégulière avec, cependant, une forte proportion d'individus de petit diamètre témoignant de la régénération de cette espèce à l'intérieur de la forêt. Cette régénération semble se faire par paliers successifs, comme l'indique l'histogramme de la distribution du nombre de tiges dans R426 (Fig. 29): une séquence est décroissante entre 5 et 20 cm de DBH et une autre entre 20 et 35 cm.

Les chênes, peu abondants dans la strate arborée basse, ont une distribution du nombre de tiges erratique (*Q. crassifolia*, *Q. castanea*, *Q. rugosa* dans R408 et *Q. crassipes* dans R423). Les espèces de la strate arborée supérieure (*Q. laurina*, dans R408 et R423, et *Q. subspathulata*, dans R423 et R426) ou celles qui, abondantes dans la strate inférieure, peuvent atteindre la supérieure (*Q. castanea* et *Q. obtusata* dans R408) possèdent un nombre plus ou moins constant de tiges au-dessus de 15 ou 20 cm de DBH jusqu'à 60 à 90 cm, selon les espèces. La régénération des espèces de *Quercus* est nulle ou très faible dans R423 et R426. Les proportions légèrement plus élevées de petits diamètres ($5 < \text{DBH} < 15$ cm) indiquent une meilleure régénération des trois espèces importantes dans le peuplement de transition avec la forêt de chênes (R408).

Les trois espèces les plus importantes de la strate arborée inférieure, qui sont caractéristiques de la forêt mésophile de montagne (*Styrax ramirezii*, *Symplocos prionophylla* et *Ternstroemia pringlei*) ont une distribution du nombre de tiges régulière et décroissante. Les histogrammes montrent une forme générale en L plus ou moins redressé (Fig. 30). La distribution de la surface terrière est plus irrégulière mais, dans la plupart des cas, le maximum se trouve dans la classe 10-15 cm, ce qui reflète la régénération active de ces espèces, surtout dans le peuplement typique de ce groupement (R423).

6. Régénération

Étant donné la faible extension de la forêt mésophile de montagne, et surtout du groupement de basse altitude, les observations sur la régénération restent très fragmentaires. Pour le groupement de haute altitude, j'ai signalé les espèces herbacées secondaires dans la section 4.1.1. du chapitre III de la Première Partie (où elles sont marquées du signe +). En fait, l'étendue de la forêt mésophile de montagne est de plus en plus réduite: après une coupe rase ou l'abandon d'une zone de culture, ce sont les forêts mésophile et thermophile de pins, selon l'altitude, qui semblent s'installer et se stabiliser. Deux facteurs favorisent ce changement: d'abord, la dispersion et les petites

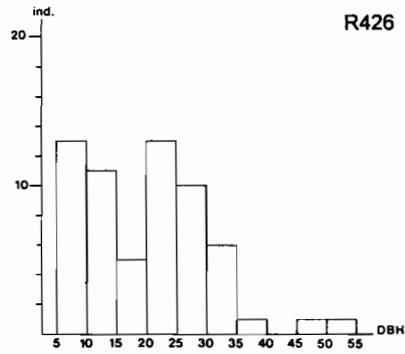


Figure 29 - Structure du nombre de tiges d'*Abies religiosa* dans la forêt mésophile de montagne de haute altitude (R426).

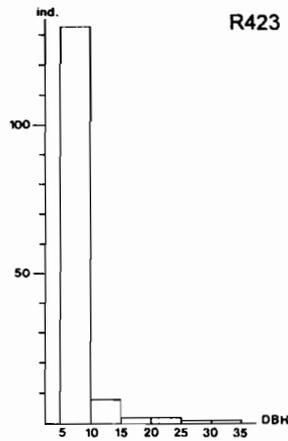


Figure 30 - Modèle de structures du nombre de tiges des arbres bas de la forêt mésophile de montagne de haute altitude (*Styrax ramirezii*, R423).

superficielles des biotopes de cette forêt sont défavorables à la régénération à partir d'un stade initial (à cause de l'éloignement des sources de graines), ensuite, ces surfaces ouvertes sont rapidement envahies par plusieurs espèces de pins héliophiles. La coupe anarchique de certaines espèces constitue une autre cause de dégradation de cette forêt: de nombreux arbres, en effet, ont un bois de bonne qualité, utilisé dans l'artisanat (voir la section 2.1.1. du Chap. IV de la Première Partie). C'est la raison essentielle de la disparition presque complète de certaines espèces, comme *Garrya laurifolia* ou *Tilia mexicana*, qui devaient être plus abondantes dans la forêt mésophile de montagne.

L'étude de la structure des espèces les plus importantes (IVI élevés) a montré une régénération active des arbres bas caractéristiques de la forêt mésophile de montagne; une assez faible régénération des arbres hauts en général est observée dans le peuplement le mieux conservé (R423). Dans les autres relevés, les espèces arborées hautes qui régénèrent le mieux sont *Abies religiosa*, dans le peuplement de transition avec la forêt mésophile de sapins, et plusieurs espèces de *Quercus*, dans celui de transition avec la forêt de chênes.

7. Conclusion

La forêt mésophile se développe dans le Nord-Ouest du Michoacán, comme dans d'autres parties de l'axe néovolcanique, jusqu'à 2 700 m d'altitude: elle atteint ainsi la limite altitudinale supérieure de cette formation pour le Mexique. Les communautés typiques de cette forêt sont peu nombreuses, soit à cause de dégradations anthropiques, soit parce que les conditions microclimatiques ne sont pas suffisamment favorables pour permettre son plein développement. Dans ces peuplements de transition, seules quelques espèces caractéristiques de la forêt mésophile peuvent se développer: la stratification y est incomplète et la physionomie en est moins exubérante que celles des forêts typiques.

La nature du sol, des lithosols presque exclusivement, constitue probablement un autre facteur limitant de l'extension de cette forêt. En effet, de nombreuses espèces, également présentes dans la végétation des coulées de laves récentes (comme nous le verrons par la suite) sont défavorisées dès que le sol devient plus profond, par évolution pédologique ou après un dépôt important de cendres volcaniques. La compétition des espèces de *Pinus* et *Abies* essentiellement, mais aussi de *Quercus*, devient très forte. D'autre part, ainsi que le signale Egger (1948), soulignons que deux espèces arborées (un *Clethra* et un *Symplocos*) de la forêt mésophile de montagne ne survivent pas à des retombées de cendres de plus de 10 cm d'épaisseur.

Les conditions climatiques sur la façade occidentale du Mexique sont plus sévères que sur la partie méridionale et la façade orientale: les précipitations y sont plus faibles et la saison sèche plus longue et plus intense. C'est pourquoi, si la plupart des genres caractéristiques de cette formation sont présents dans la Sierra Tarasque (*Garrya*, *Ilex*, *Meliosma*, *Styrax*, *Symplocos*, *Ternstroemia*, *Tilia*...), certains en sont absents, comme *Liquidambar*, *Podocarpus*³⁸ ou *Cyathea* et autres genres de fougères arborescentes. Ainsi,

même si la stratification des groupements est complète, leur physionomie est moins exubérante que dans le reste du Mexique.

Notes

- 36 À titre indicatif, on peut tout de même signaler que les affinités floristiques générales des deux groupements sont au niveau spécifique tout à fait comparables puisque dans les deux cas près de 50% des espèces sont tropicales (48 sur 100 dans le groupement de haute altitude et 23 sur 46 dans celui de basse altitude) et de 37 à 38% tempérées (38 sur 100 pour le premier et 17 sur 46 pour le second). Par contre, au niveau générique, même si les nombres relatifs de genres tempérés sont proches (21 sur 66 et 10 sur 37), les deux groupements se différencient notablement quant au pourcentage de genres cosmopolites et subcosmopolites (27.7% dans celui de haute altitude et 13.5% dans celui de basse altitude) et, surtout, des genres tropicaux (37.9% dans le premier et 59.5% dans le second).
- 37 De façon générale, à l'échelle de ce travail, j'ai choisi de ne pas multiplier les relevés dans un même peuplement, apparemment homogène. Mais dans le cas de cette station, il pourrait être très intéressant d'y réaliser une étude spécifique de l'écologie de ce groupement, d'autant plus qu'un travail de ce type vient d'être effectué dans une forêt mésophile de montagne de la façade orientale du Mexique (Puig et Bracho 1987).
- 38 Cependant, Madrigal (1982) signale le genre *Podocarpus* au Michoacán, mais seulement dans la partie centre-occidentale de l'axe néovolcanique et dans la Sierra Madre del Sur, où il est très peu abondant.

IV. LA FORÊT DE CHÊNES

1. Généralités

Ce groupement est caractérisé par la dominance d'une ou, plus souvent, de plusieurs espèces de chênes. Présente dans le Nord de la Sierra Tarasque et sur les volcans de la dépression du Lerma, la forêt de chênes a été soumise à de fortes pressions anthropiques, depuis l'époque proto-historique jusqu'à nos jours, si bien qu'il existe actuellement une mosaïque de forêts de chênes plus ou moins hautes et fermées, mais aussi de fourrés bas anthropiques où peuvent dominer des espèces secondaires de la forêt tropicale basse caducifoliée de la dépression du Lerma. Comme nous le verrons par la suite, les forêts basses de chênes, du Nord et du Centre de la dépression du Lerma, et les forêts hautes, du Nord de la Sierra Tarasque, sont reliées par toute une gamme de communautés intermédiaires et plus ou moins continues. Cela interdit l'individualisation de deux groupements, l'un xérophile et l'autre mésophile, qui paraissaient valides, effectivement, à la seule vue des deux extrêmes. Les différences floristiques et écologiques entre les communautés ne sont pas à mon avis suffisantes pour déterminer deux groupements indépendants. Elles découlent, selon toute vraisemblance, d'un processus de succession dû à la forte anthropisation de cette zone écologique.

Les forêts de chênes sont caractéristiques, avec les forêts de pins, des régions montagneuses du Mexique. Flores *et al.* (1971) considèrent que les forêts de *Quercus* et les forêts de *Pinus* et *Quercus* couvrent respectivement 5.5 et 13.7% de la superficie du Mexique. Bien qu'elles puissent se rencontrer depuis le niveau de la mer jusqu'à 3 000 m, elles sont situées, pour 95% de leur extension, entre 1 200 et 2 800 m (Rzedowski 1978). Vu la grande diversité de ces forêts de chênes, je me contenterai de signaler ici quelques groupements analogues à celui du Nord-Ouest du Michoacán. On peut considérer la forêt étudiée comme un groupement méso-xérophile, du fait de ses caractères écologique, physionomique et floristique, par comparaison avec ceux des autres groupements de la zone d'étude et avec ceux des autres forêts de chênes du Mexique:

- Valdez et Aguilar (1983) signalent dans le municipio Santiago (Nuevo León) une forêt de chênes de 10 à 13 m de hauteur, située entre 600 et 2 000 m d'altitude. Elle est dominée par *Quercus rysophylla*, *Q. laeta*, *Q. canbyi*, *Q. virginiana* var. *fusiformis* et *Arbutus xalapensis*.
- Puig (1976) décrit pour la Huastèque 5 groupements de forêt sclérophylle, déterminés selon leurs caractères bioclimatiques. Les forêts analogues à celles de notre zone d'étude appartiennent au groupement mésophile de montagne, dans lequel deux groupes écologiques sont distingués, l'un d'altitude élevée (de 2 000 à 2 500 m), à la fois plus frais et plus sec que l'autre, d'altitude basse (1 500 à 2 000 m). La forêt



*Photo 13 - Litière épaisse formée par les feuilles coriaces de chênes (R601).
Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 500 m.*

du Nord-Ouest du Michoacán occupe le même rang altitudinal que le groupe écologique supérieur (avec des facteurs bioclimatiques tout à fait semblables), mais sa composition floristique est intermédiaire entre les deux groupes avec, en particulier, *Quercus crassipes* et *Q. sideroxyla* du groupe supérieur et *Q. castanea* et *Q. obtusata* du groupe inférieur³⁹.

- Rzedowski et McVaugh (1966) indiquent la présence de forêts de *Quercus obtusata* au Jalisco entre 1 500 et 2 500 m et Rzedowski (1978) de forêts de chênes, où dominant *Q. obtusata*, *Q. viminea*, *Q. gentryi*, *Q. urbanii* et *Q. rugosa*, dans la partie méridionale de la Sierra Madre Occidental (États de Nayarit, Jalisco, Zacatecas et Aguascalientes) entre 1 800 et 2 600 m.
- Rzedowski (1966) décrit, dans la région de Xilitla (San Luis Potosí) entre 1 500 et 2 500 m, des forêts denses de *Quercus mexicana*, *Q. crassifolia*, *Q. perseifolia*, *Q. affinis* et *Q. obtusata*.
- Dans la Vallée de México Rzedowski et Rzedowski (1979) soulignent la présence, en dessous de 2 500 m, d'une forêt de chênes dominée par *Quercus laeta*, *Q. deserticola*, *Q. crassipes* et *Q. obtusata*. Equihua (1983) et Bracho (1985) signalent des forêts tout à fait analogues, dans la sierra de Tezontlalpan (Hidalgo), entre 2 650 et 2 800 m, et dans la partie inférieure de la sierra de Monte Alto, entre 2 500 et 2 650 m respectivement.
- Dans la Mixteca Alta, entre Oaxaca et Nochixtlán, Rzedowski (1978) signale une forêt de 8 à 12 m de haut dominée, entre autres espèces, par *Quercus castanea* et *Q. obtusata*.

2. Le biotope

La forêt de chênes se développe entre 1 950 et 2 300 (2 400) m d'altitude dans le Nord de la Sierra Tarasque et entre 2 000 et 2 500 m sur les appareils volcaniques de la dépression du Lerma. À sa limite supérieure, dans la sierra, cette forêt est en contact avec la forêt mésophile de pins, et vers le sud, au-dessous de 1 950-2 000 m, avec la forêt tropicale caducifoliée. Le substrat géologique se résume à des roches ignées extrusives, en majorité de l'andésite et peu de basalte.

2.1. Pédologie

Les sols de la forêt de chênes sont en général peu profonds et pierreux. Une épaisse litière, formée de feuilles de chênes coriaces, peut atteindre 15 et même 20 cm d'épaisseur dans les peuplements fermés, protégés de l'érosion hydrique en nappe ou en rigole (photo 13). Les sols les plus représentatifs de ce groupement sont des lithosols, des sols isohumiques brunifiés tropicaux, des sols rouges fersiallitiques tropicaux et fersiallitiques vertiques et des andosols. On peut également le rencontrer sur sols bruns eutrophes tropicaux vertiques, toujours en association avec les sols isohumiques ou fersiallitiques vertiques.

2.1.1. Andosols

Les andosols de la forêt de chênes sont peu profonds, limités à moins d'un mètre de profondeur par de la roche dure, et caractérisés par l'abondance d'éléments pierreux.

Le profil étudié est situé à 3 km au nord de Villa Jiménez, sur le versant ouest du cerro Brinco del Diablo, à 2 050 m d'altitude (point de contrôle 16, DETENAL 1979, E14A11):

- A: 0-23 cm; brun foncé; pas de réaction à l'HCl; texture limono-sableuse; structure en blocs de petite taille, moyennement développée. Horizon mollique.
- B: 23-47 cm; brun intense; texture limon fin; structure en blocs subangulaires de petite taille, moyennement développée. Horizon cambique.

Ce sol est limité par une roche basaltique juste sous l'horizon B, cet élément pouvant affleurer et de grosses pierres étant présentes jusqu'en surface. Le drainage interne est très bon.

2.1.2. Sols isohumiques brunifiés tropicaux (phaeozems, FAO)

Caractéristiques du climat contrasté de la dépression du Lerma, ces sols à maturation humique se développent sur les pentes, qui présentent un meilleur drainage; dans le cas contraire, l'évolution verticale domine. L'intensité du lessivage des argiles permet de distinguer les sols modaux (phaeozem haplique, FAO) et les sols lessivés (phaeozem luvique, FAO).

Le profil correspondant à un sol modal est situé à El Pedregal (municipio Tangancícuaro) à 1 800 m d'altitude (point de contrôle 30, DETENAL 1982, E13B19):

- A: 0-16 cm; couleur brun foncé; pas de réaction à l'HCl; texture équilibrée; structure en blocs subangulaires de taille moyenne, faiblement développée. Horizon mollique.

Ce sol est limité rapidement (à 35 cm de profondeur) par la roche mère et présente un bon drainage interne.

Le profil de sol lessivé a été effectué à Purépero sur le versant nord-est du cerro de Agua, à 2 080 m d'altitude (point de contrôle 24, DETENAL 1982, E13B19):

- A: 0-30 cm; couleur brun foncé; pas de réaction à l'HCl; texture limoneuse; structure en blocs subangulaires de grande taille, moyennement développée. Horizon mollique.
- B: 30-85 cm; couleur brune; texture limono-argileuse; structure en blocs subangulaires de grande taille, fortement développée. Horizon argilique.

Il n'est pas limité par la roche mère avant 1 m de profondeur et il présente un très bon drainage interne.

2.1.3. Sols rouges fersiallitiques tropicaux (luvisols, FAO)

Deux profils sont décrits:

Sol rouge fersiallitique tropical modal: profil situé à 3 km au nord-est de Valle de Guadalupe (municipio Tangancicuaro) à 2 000 m d'altitude (point de contrôle 19, DETENAL 1982, E13B19):

- A: 0-12 cm; couleur brun rougeâtre; pas de réaction à l'HCl; texture argileuse; structure en blocs subangulaires de grande taille, fortement développée. Horizon ochrique.
- B: 12-40 cm; couleur brun rougeâtre; texture argileuse; structure en blocs de grande taille, fortement développée. Horizon argilique.

Ce sol n'est pas limité par la roche mère à moins de 1 m de profondeur mais il présente un élément pierreux important sur tout le profil. Le drainage interne est bon.

Sol rouge fersiallitique verticale: profil situé à 2.5 km à l'est de Aguanuato (municipio Panindicuaro) à 2 000 m d'altitude (point de contrôle 10, DETENAL 1979, E14A11):

- A: 0-26 cm; couleur brun foncé; pas de réaction à l'HCl; texture équilibrée; structure en blocs de taille moyenne, moyennement développée. Horizon ochrique.
- B: 26-50 cm; couleur brun rougeâtre foncé; texture argileuse; structure en blocs de taille moyenne, moyennement développée. Horizon argilique.

Il présente en saison sèche des fentes de retrait, où la surface des unités structurales est revêtue de fines pellicules d'argile formant des facettes de glissement.

2.2. Bioclimatologie

Le bioclimat de ce groupement est de type tropical assez frais, subsec à saison sèche longue. Deux stations météorologiques sont situées au sein de cette forêt, Purépero et Zacapu, toutes deux du sud de son aire de distribution. Il n'en n'existe pas au-dessus de 2 000 m d'altitude sur les volcans de la dépression du Lerma.

2.2.1. Les températures

La température moyenne annuelle est de 15.8°C à Purépero et de 16.4°C à Zacapu. En appliquant le gradient thermique moyen annuel (voir section la 3.1. du Chap. III de la Première Partie), on peut estimer à 13°C la température moyenne annuelle de ce groupement à 2 500 m.

À Zacapu, janvier est le mois le plus froid de l'année, avec une température moyenne de 12.8°C, cette valeur variant de 10.9°C à 16.9°C, selon les années. Le mois le plus chaud est le plus souvent mai, parfois juin, mais ces deux mois ont une même moyenne de 20°C. Les températures minimales extrêmes peuvent être négatives

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOCACÁN

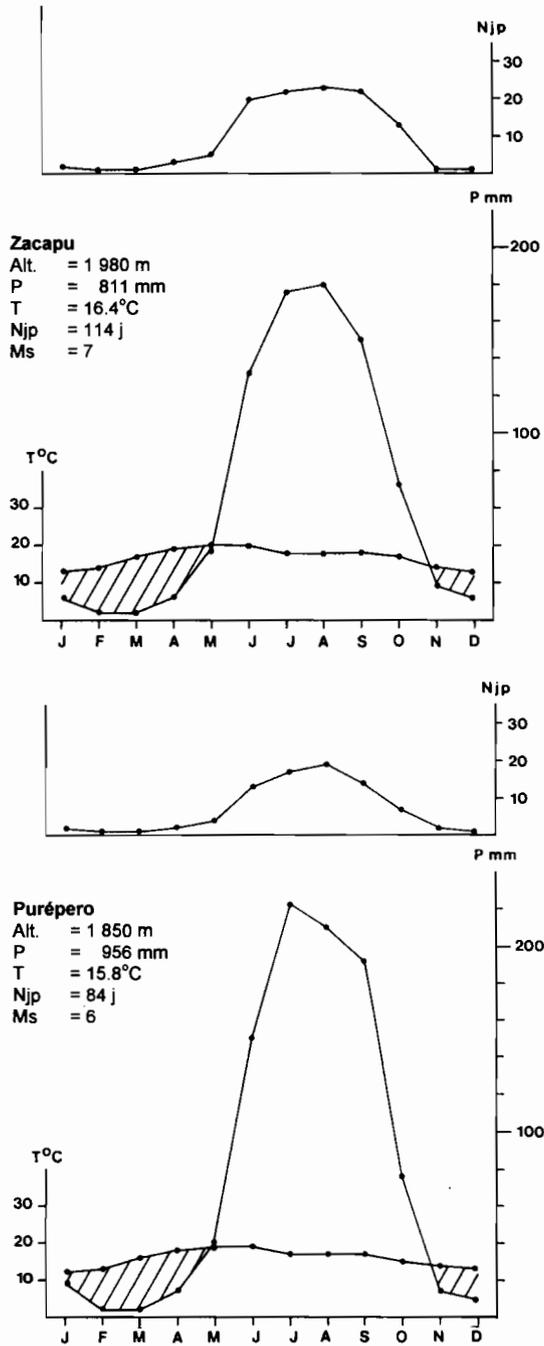


Figure 31 - Diagrammes ombrothermiques de la forêt de chênes.

d'octobre à mars, avec un minimum absolu de -5°C en janvier. La moyenne mensuelle de ces minima évolue de 3.5°C en janvier à 12.6°C en juin. L'amplitude thermique annuelle moyenne est de 7.2°C . L'amplitude diurne est maximale en février (21.2°C en moyenne) et minimale en juillet et septembre (13°C en moyenne), la moyenne annuelle étant de 17.4°C . Selon la DGSMN (1982), il y aurait 35 jours de gel en moyenne par an et seuls les mois de mai, juillet et août n'auraient jamais connu le gel entre 1941 et 1970; avril, juin et septembre comptent moins d'un jour de gel en moyenne.

À Purépero, le faible nombre d'années d'observation des paramètres thermiques ne permet pas d'entrer dans le détail (de 1975 à 1980 seulement). La moyenne des températures du mois le plus froid, c'est-à-dire janvier, est de 12.4°C , et du mois le plus chaud, mai, de 19°C . Pour la température du mois le plus froid, la plus importante pour la végétation, le gradient thermique donne en lecture directe sur la figure 5 une valeur minimale de 9.5°C pour la forêt de chênes. La même valeur est obtenue si on applique le gradient de $0.71/100$ m à partir de la valeur de t_f de La Piedad, station la plus proche du cerro du même nom et du cerro de Zináparo, où la forêt de chênes monte le plus haut.

2.2.2. La pluviométrie et la saison sèche

Les précipitations moyennes annuelles sont de 811.1 mm à Zacapu et de 956 mm (Fig. 31) à Purépero. Pour l'ensemble du groupement, elles varient de 800 à 1 000 mm. Ces moyennes cachent une forte variabilité interannuelle (Fig. 32), surtout à Purépero.

Au cœur de la saison des pluies, de juin à septembre, le rapport maximum/minimum est compris entre 4 et 8.8 à Zacapu et 6.3 et 38.7 à Purépero. De plus, dans cette dernière station, seul septembre n'a jamais été un mois sec. Durant cette même période, les maxima restent légèrement supérieurs à 300 mm à Zacapu alors qu'ils atteignent 400 mm à Purépero entre juillet et septembre (Fig. 32). Dans les deux stations, octobre n'est sec qu'un peu plus d'une année sur 4 (Q_1 légèrement inférieur à $2T$), alors que mai l'est un peu moins d'une année sur deux ($Q_2 < 2T < Q_3$). Dans le cas de Purépero (Fig. 32), mai n'apparaît pas comme un mois sec au vu des moyennes mais, en fait, il l'est plus d'une année sur deux, ce qui est déterminant pour la végétation.

La saison sèche, de novembre à avril, enregistre également une assez forte variabilité des précipitations, sauf en février et mars où P reste toujours inférieur à 28 mm. En janvier, avril et mai, les précipitations maximales observées dans les deux stations sont supérieures à 100 mm, cependant, chaque mois de novembre à avril n'est humide que moins d'une année sur 4 (Fig. 32).

Tant à Zacapu qu'à Purépero, ces variations interannuelles des précipitations font que la saison sèche dure de 4 à 8 ou 9 mois selon les années.

En moyenne, les précipitations en saison sèche (novembre à mai) atteignent 99.5 mm à Zacapu et 104.6 mm à Purépero (Fig. 31). Elles représentent respectivement 12.3% et 10.9% de la pluviométrie annuelle.

Purépero compte 84 jours de pluies en moyenne par an (Fig. 31), avec un maximum

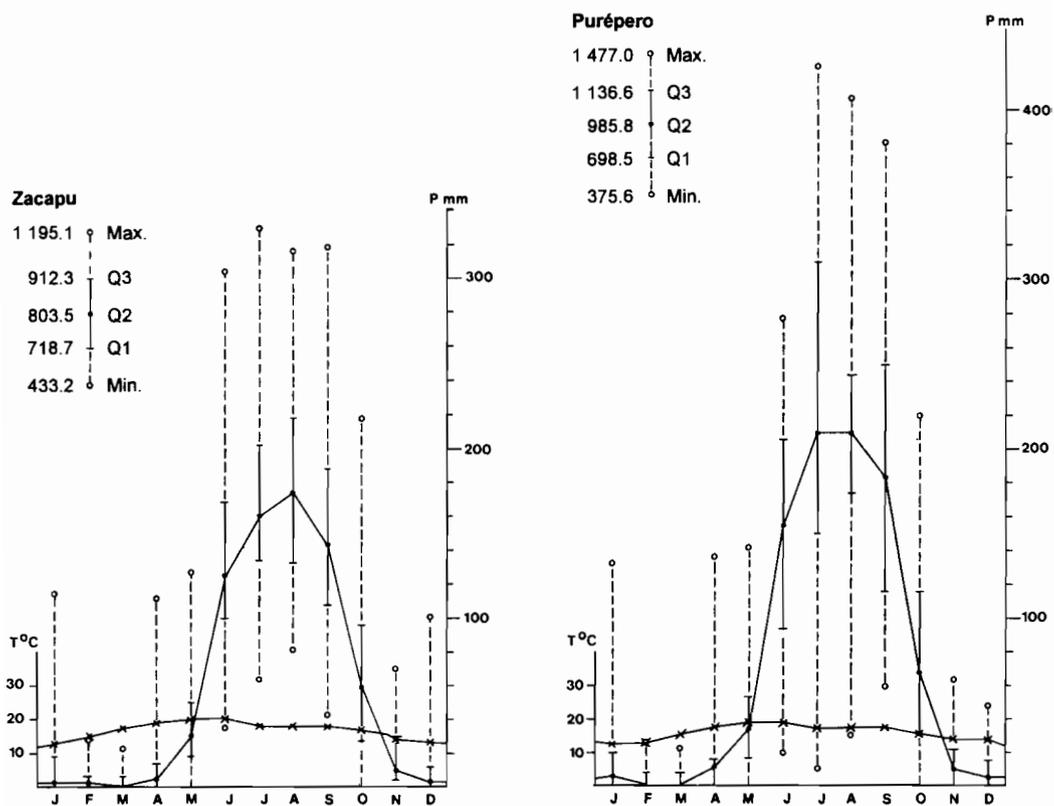


Figure 32 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt de chênes.

de 128 jours et un minimum de 27 jours (Fig. 33). À Zacapu, la moyenne est de 97, le maximum de 141 et le minimum de 39. La figure 33 permet d'apprécier, mois par mois, la variabilité interannuelle de ce facteur. Signalons seulement que, de novembre à avril, chaque mois peut ne compter aucun jour de pluies une année sur 4 alors que seuls février et mars à Purépero, et mars à Zacapu, ont au moins un jour de pluies moins d'une année sur deux.

2.2.3. Année probable

PURÉPERO

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T	11.8	12.1	15.1	16.9	18.5	17.9	16.5	16.5	16.1	15.0	13.4	12.5
°C:	13.2	13.7	16.6	18.5	19.8	19.3	17.2	17.2	17.2	15.8	15.5	14.0
P	0	0	0	0	17.5	93.6	150	173	126	30.0	0	0
mm:	19.5	8.0	7.5	16.5	53.1	205	309	244	249	116	22.0	15.0
Njp:	0	0	0	0	2	9	15	17	11	5	0	0
	3	1	2	3	6	17	21	22	18	10	2	2
Annuel:		T:	15.6		P:	698		Njp:	71	Mois secs:		6
			15.2			1 137			104			7

ZACAPU

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T	12.6	13.4	6.1	18.2	19.5	18.8	17.4	17.2	17.2	15.7	13.6	12.7
°C:	13.7	15.6	18.2	19.5	20.9	20.9	19.1	18.8	18.2	17.4	15.9	14.3
P	0	0	0	0	18.0	100	134	133	107	27.2	4.0	0
mm:	18.5	5.9	5.9	14.5	51.0	167	203	219	188	95.5	29.8	12.7
Njp:	0	0	0	0	3	12	18	15	13	5	1	0
	2	2	2	8	20	24	23	20	12	4	2	
Annuel:		T:	16.1		P:	719		Njp:	77	Mois secs:		6
			17.5			912			113			7

3. Physionomie

La physionomie et la structure verticale de ces forêts de chênes varient selon leur stade de régénération. Ce sont en général des forêts assez denses et fermées, dont deux physionomies extrêmes peuvent être décrites, mais où tous les stades intermédiaires existent.

Dans ce travail, je considère comme forêts hautes les peuplements dont la strate

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOCÁN

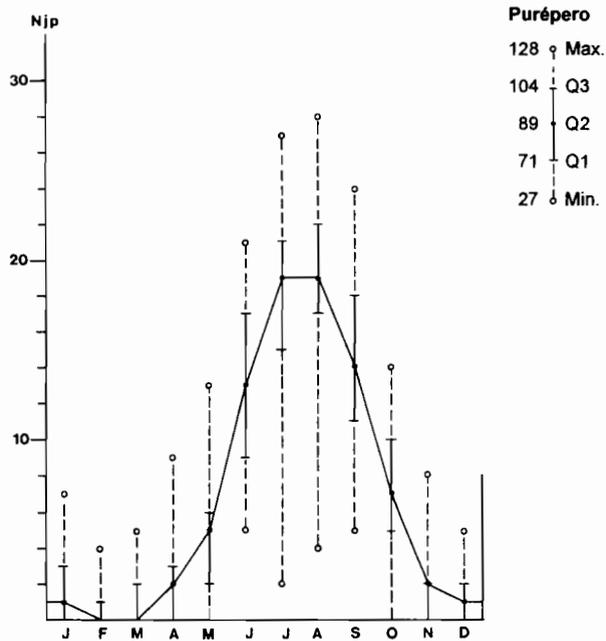
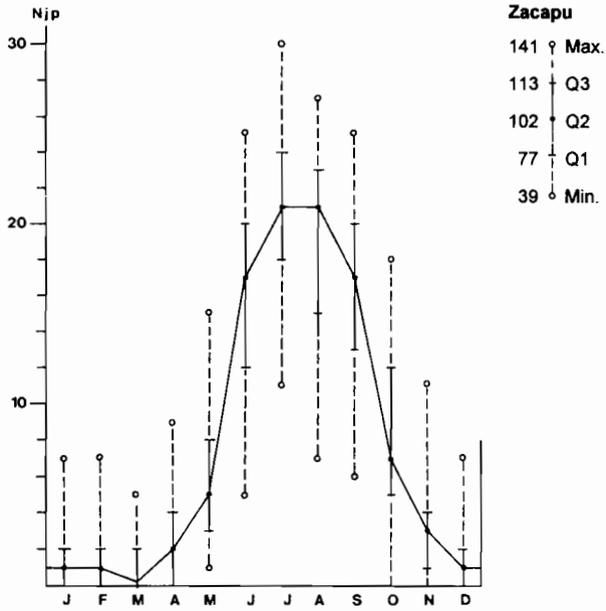


Figure 33 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt de chênes.

arborée atteint de 10 à 15 m de hauteur et comme forêts basses les peuplements dont la hauteur reste comprise entre 4 et 9 m.

Les arbustes de 2 à 3 m de hauteur, souvent isolés, ne constituent une strate bien individualisée que dans les peuplements ouverts ainsi qu'au niveau des trouées de la strate arborée.

La strate herbacée, de 1 m de hauteur au maximum, est en général peu dense dans les peuplements fermés, aussi bien pour les forêts hautes que pour les basses.

Les deux forêts peuvent être soit des futaies, soit des taillis anthropiques. Dans les peuplements les plus fermés et les plus hauts, les troncs droits se ramifient entre la moitié et le tiers supérieur, formant une couronne allongée verticalement jusqu'à être hémisphérique. Dans les forêts basses, les troncs sont souvent plus tortueux et les ramifications plus nombreuses et plus basses.

La strate arborée est caducifoliée en général pendant une courte période, de février à mars; dans les biotopes plus secs du Centre et du Nord de la dépression du Lerma, cette période peut atteindre 4 à 5 mois, de février à mai ou juin. Les feuilles, à l'exception de celles de *Quercus gentryi*, qui sont fines, souples et glabres, sont coriaces, rigides et pubescentes à tomenteuses sur la face inférieure, qui est d'une couleur jaunâtre à blanche. Ainsi, dans le cas de *Q. candicans*, les grandes feuilles présentent un contraste marqué entre le vert de la face supérieure et le blanc de l'inférieure. Les feuilles de grande taille (11-20 x 5-12 cm pour *Q. candicans*, *Q. obtusata* et *Q. subspathulata*) et celles de plus petite taille (3-12 x 2-6 cm pour *Q. castanea*, *Q. crassipes*, *Q. deserticola*, *Q. gentryi*, *Q. laeta* et *Q. sideroxylla*) restent, dans la plupart des peuplements, en proportions à peu près équivalentes.

Pour les espèces herbacées, les floraisons se succèdent, selon les espèces, du début à la fin de la saison des pluies, et les fructifications du milieu de la période humide au début de la saison sèche. Les chênes, eux, ont des rythmes différents: *Quercus candicans* et *Q. laeta* fleurissent entre janvier et mars pour fructifier dans la première moitié de la saison des pluies (juin à août); les autres espèces ont une période de floraison qui s'étend d'avril à juin et elles fructifient en fin de saison des pluies pour ce qui est de *Q. obtusata* (de septembre à novembre) ou dans la première moitié de la saison sèche (de novembre à février).

4. Floristique

4.1. Composition floristique

Dans la strate arborée, les espèces de chênes suivantes sont les plus abondantes et les plus fréquentes:

Quercus castanea
Q. deserticola
Q. obtusata

Quercus sideroxylla
Q. subspathulata

Les chênes de petite taille, *Quercus deserticola* et, plus rarement, *Q. gentryi* et *Q. laeta*, peuvent être abondants dans les forêts basses de la dépression du Lerma, où l'on trouve également quelques espèces secondaires caractéristiques de la forêt tropicale caducifoliée: *Acacia angustissima*, *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *Bursera cuneata*, *B. palmeri*, *Cedrela dugesii*, *Eysenhardtia polystachya* et *Ipomoea murucoides*.

Quercus candicans, *Q. conspersa* et *Q. crassipes* se rencontrent dans les biotopes les plus humides du Nord de la Sierra Tarasque et au-dessus de 2 400 m dans la dépression du Lerma. Plusieurs pins, peu fréquents, peuvent émerger au-dessus de la strate arborée de la forêt haute: ce sont *Pinus leiophylla*, *P. michoacana* var. *cornuta* et *P. teocote*. *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* et *Arbutus xalapensis* sont présentes dans la strate arborée, la première espèce uniquement dans le Nord de la Sierra Tarasque.

La strate arbustive peut être dominée par une ou plusieurs des espèces suivantes:

Calliandra grandiflora
Erythrina breviflora
Eupatorium areolare+

Porophyllum viridiflorum+
Verbesina sphaerocephala+

Elle comprend également:

*Acacia farnesiana+**
*A. pennatula+**
*Baccharis heterophylla+***
B. thesioides
Bouvardia longiflora
Buddleia sessiliflora+
B. sp.
Ceanothus buxifolius+
C. coeruleus
*Cestrum thyrsoides***
*Crataegus pubescens***
Desmodium sumichrasti
*Eupatorium aschenbornianum***
E. petiolare
E. sp.2

Eupatorium sp.4
JNL 413
Lagascea helianthifolia+
*Lantana hirta+**
*Mimosa aculeaticarpa+**
*M. rhodocarpa+**
Montanoa leucantha+
*Opuntia icterica+**
O. tomentosa var. *tomentosa+**
*O. sp.2+**
Rhus trilobata
*Salvia breviflora+**
Senecio salignus+
Verbesina aff. liebmanni
Vernonia uniflora+

Dans cette strate arbustive, les espèces secondaires sont marquées du signe +, celles de la forêt tropicale basse caducifoliée du signe * et celles de la forêt mésophile de pins du signe **.

Les espèces de la strate herbacée qui suivent peuvent atteindre un degré de couverture compris entre 25 et 50%:

Aegopogon tenellus
Crotalaria longirostrata
Digitaria jatrophoides

Piptochaetium virescens
Salvia mexicana
Senecio stoechadiformis

D'autres espèces sont abondantes, mais avec une couverture faible:

<i>Crotalaria mollicula</i>	<i>Oxalis hernandezii</i>
<i>C. rotundifolia</i>	<i>Panicum bulbosum</i>
<i>Cyperus incompletus</i>	<i>Pericalia sessilifolia</i>
<i>Daucus montanus</i>	<i>Stevia serrata</i>
<i>Drymaria multiflora</i>	<i>Stillingia zelayensis</i>
<i>Erigeron longipes</i>	<i>Viola ciliata</i>
<i>Lasianthaea fruticosa</i> var. <i>michoacana</i>	

Les espèces peu abondantes ou rares de la strate herbacée sont très nombreuses:

<i>Acalypha alopeкуроidea</i>	<i>Conyza</i> sp.
<i>A. indica</i> var. <i>mexicana</i>	<i>Croton adspersus</i>
<i>A. phleoides</i>	<i>C. calvescens</i>
<i>Acourtia</i> sp.	<i>Crusea longiflora</i>
<i>Agave</i> cf. <i>atrovirens</i>	<i>Cuphea jorullensis</i>
<i>Allium glandulosum</i>	<i>C. toluhana</i>
<i>Anagallis arvensis</i> f. <i>arvensis</i>	<i>C. wrightii</i> var. <i>wrightii</i>
<i>Arenaria lanuginosa</i>	<i>Cynoglossum pringlei</i>
<i>Asclepias glaucescens</i>	<i>Cyperus lanceolatus</i>
<i>A. ovata</i>	<i>C. seslerioides</i>
<i>Aster</i> aff. <i>moranensis</i>	<i>C.</i> sp.
<i>Astragalus micranthus</i> var. <i>micranthus</i>	<i>Dahlia coccinea</i>
<i>Baccharis pteronioides</i>	<i>D. tenuicaulis</i>
<i>Bacopa procumbens</i>	<i>Dalea</i> sp.2
<i>Begonia balmisiana</i>	<i>Diastatea micrantha</i>
<i>B. gracilis</i>	<i>Dioscorea minima</i>
<i>Bidens aequisquama</i>	<i>Donnellsmithia juncea</i>
<i>Borreria suaveolens</i>	<i>Dyschoriste capitata</i>
<i>Bouteloua hirsuta</i>	<i>D. microphylla</i>
<i>Bouvardia ternifolia</i>	<i>Echeandia macrocarpa</i>
<i>Bromus carinatus</i>	<i>Eragrostis intermedia</i>
<i>Bulbostylis juncoïdes</i>	<i>Erigeron delphinifolius</i>
<i>Brongnartia</i> aff. <i>lupinoides</i>	<i>E. karvinskianus</i>
<i>Calea scabra</i> var. <i>scabra</i>	<i>E. velutipes</i>
<i>Castilleja arvensis</i>	<i>Eryngium carlinae</i>
<i>C. tenuifolia</i>	<i>Eupatorium muelleri</i>
<i>Centaurium quitense</i>	<i>E.</i> sp.3
<i>Chamaesyce hirta</i>	<i>Euphorbia dentata</i> var. <i>dentata</i>
<i>C. thymifolia</i>	<i>E. macropus</i>
<i>Commelina coelestis</i> var. <i>bourgeaui</i>	<i>E. ocymoides</i>
<i>Conyza coronopifolia</i>	<i>Fuchsia fulgens</i>

- Fuchsia thymifolia*
Galinsoga parviflora
Gentiana spathacea
Geranium aristisepalum
G. deltoideum
G. seemannii
Gnaphalium americanum
G. bourgovii
G. liebmannii var. *monticola*
G. semiamplexicaule
G. sp.2
Govenia liliacea
Guardiola mexicana
Habenaria clypeata
H. entomantha
Helianthemum glomeratum
Heterosperma pinnatum
Hieracium abscissum
H. mexicanum
Hilaria cenchroides
H. ciliata
Hypericum silenoides var. *silenoides*
Ipomoea capillacea
I. stans
Iresine celosia
 JNL 294
 JNL 418
 JNL 1876
Jaegeria hirta
Jaltomata procumbens
Lamourouxia dasyantha
L. multifida
Lasianthaea aurea
Lasiarrhenum strigosum
Lithospermum strictum
Lobelia laxiflora
Loeselia mexicana
Lopezia racemosa
Malaxis corymbosa
Mammillaria pringlei
Melampodium longifolium
M. sericeum
Minuartia moehringioides
Muhlenbergia cf. *distans*
Nemastylis tenuis
Notholaena aurea
Odontotrichum palmeri
Oenothera laciniata
Oxalis alpina
O. corniculata
Panicum lepidulum
P. virgatum
Penstemon apateticus
P. campanulatus
Peperomia campyloptropa
Pteriptera punicea
Pherotrichis balbisii
Physalis pubescens var. *pubescens*
Phytolacca icosandra
Piqueria trinervia
Plantago australis ssp. *hirtella*
P. lanceolata
Prionosciadium cuneatum
Priva mexicana
Psacalium peltatum
Ranunculus cf. *geoides* var. *geoides*
R. macranthus
R. petiolaris
Reseda luteola
Rhodosciadium pringlei
R. toluicense
Ruellia lactea
Salvia cinnabarina
S. laevis
S. lavanduloides
S. microphylla var. *microphylla*
S. polystachya
S. purpurea
S. sp. nov.
Schkuhria pinnata var. *guatemalensis*
Scutellaria coerulea
Selaginella pallescens var. *pallescens*
Senecio angulifolius
S. mexicanus
Setaria geniculata
Solanum edinense var. *solamanii*

<i>Solanum nigrescens</i>	<i>Tagetes tenuifolia</i>
<i>S. stoloniferum</i>	<i>Thalictrum gibbosum</i>
<i>Sonchus oleraceus</i>	<i>Trifolium amabile</i>
<i>Stachys boraginoides</i>	<i>Trisetum virletii</i>
<i>Stellaria cuspidata</i>	<i>Valeriana densiflora</i>
<i>Stevia elatior</i>	<i>V. sp.</i>
<i>S. origanoides</i>	<i>V. urticifolia</i>
<i>Tagetes lucida</i>	<i>Verbena carolina</i>
<i>T. lunulata</i>	<i>V. recta</i>
<i>T. micrantha</i>	<i>Verbesina tetraptera</i>
<i>T. sp.</i>	<i>Vernonia alamanii</i>
<i>T. subulata</i>	<i>Viguiera grammatoglossa</i>

Les lianes restent assez rares, mais certaines plantes herbacées grimpantes sont souvent abondantes:

<i>Clematis dioica</i>	<i>Gonolobus uniflorus</i>
<i>Cologania broussonetii</i>	<i>Ipomoea purpurea</i>
<i>Cyclanthera tamnoides</i>	<i>I. tyrianthina</i>
<i>Desmodium molliculum</i>	<i>Macroptilium gibbosifolium</i>
<i>D. uncinatum</i>	<i>Minkellersia multiflora</i>
<i>Dioscorea conzattii</i>	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>
<i>D. tancitarensis</i>	<i>Phaseolus coccineus</i>
<i>Galium praetermissum</i>	<i>P. perplexus</i>
<i>G. uncinulatum</i>	<i>Rhus radicans</i>

Les épiphytes stricts sont rares: je n'ai récolté que *Tillandsia recurvata*. Quant aux épiphytes hétérotrophes, ils peuvent parasiter plusieurs espèces de chênes, surtout dans les peuplements ouverts, où certains individus en sont complètement envahis. Ce sont des Loranthaceae: *Phoradendron brachystachyum*, *Psittacanthus calyculatus* et *Struthanthus venetus*.

4.2. Affinités floristiques

Au niveau générique, parmi les éléments individualisés, les mieux représentés sont (Tab. 21) l'élément pan-néotropical (23 genres, soit 14.8%), l'élément pantropical (18 genres, soit 11.6%) et l'élément cosmopolite (14 genres, soit 9.0%). Les genres d'affinités tropicales (74, soit 47.7%), les plus nombreux sont suivis par les genres cosmopolites et subcosmopolites (au nombre de 38), alors que les genres d'affinités tempérées restent minoritaires (21.3%); 6 genres sont endémiques du Mexique, dont une grande majorité (5 d'entre eux) ont une affinité tropicale.

Au niveau spécifique, trois éléments, de distributions tropicales, atteignent ou

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	36	13.4
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	14	9.0	0	0.0
2. Surtout tempérée	8	5.2	6	2.2
3. Surtout américaine	4	2.6	0	0.0
4. Surtout tropicale	8	5.2	0	0.0
5. Surtout néotropical	4	2.6	1	0.4
SOUS-TOTAL	38	24.5	7	2.6
FLORE AMÉRICAINE				
6. Américaine	10	6.5	4	1.5
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	18	11.6	1	0.4
8. Surtout américaine	7	4.6	1	0.4
9. Surtout africaine	1	0.6	0	0.0
10. Surtout asiatique	0	0.0	0	0.0
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	2	1.3	1	0.4
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	1	0.6	0	0.0
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropical	23	14.8	18	6.7
14. Andine	3	1.9	11	4.1
15. Caraïbienne	2	1.3	3	1.1
16. Mésoaméricaine de basse altitude	2	1.3	28	10.4
17. Mésoaméricaine de montagne	10	6.5	39	14.5
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	3	1.9	8	3.0
19. Mexique occidentale	1	0.6	11	4.1
20. Sud du Mexique	1	0.6	4	1.5
21. Centre du Mexique	0	0.0	25	9.3
22. Nord du Mexique	0	0.0	2	0.7
SOUS-TOTAL	74	47.7	152	56.5
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	6	3.9	0	0.0
24. De large distribution mais surtout américaine	1	0.6	0	0.0
25. De large distribution mais surtout eurasienn	1	0.6	0	0.0
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	2	1.3	0	0.0
27. Circumboréale	5	3.2	0	0.0
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	9	5.8	0	0.0
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	0	0.0	0	0.0
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	2	1.3	0	0.0
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINE				
31. Nord-américaine	3	1.9	4	1.5
32. Commune Mexique et États-Unis	0	0.0	0	0.0
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.0	0	0.0
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	3	1.9	13	4.8
35. Commune Mexique et Amérique centrale	0	0.0	14	5.2
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	1	0.6	6	2.2
37. Nord du Mexique	0	0.0	5	1.9
38. Centre du Mexique	0	0.0	13	4.8
39. Mexique occidental	0	0.0	5	1.9
40. Sud du Mexique	0	0.0	2	0.7
SOUS-TOTAL	33	21.3	62	23.1
FLORE ENDÉMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	0	0.0	5	1.9
42. Mexique	0	0.0	3	1.1
SOUS-TOTAL	0	0.0	8	3.0
TOTAL	155	100.0	269	100.0

Tableau 21 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt de chênes selon les types de distribution (voir la section 2.2. du Chap. V de la Première Partie).

Distribution	Effectifs et pourcentages					
	Strate arborée		Strate arbustive		Strate herbacée	
INDÉTERMINÉE genres espèces	- 0	- 0.0%	- 6	- 17.1%	- 27	- 14.1%
FLORE COSMOPOLITE genres espèces	1 0	12.5% 0.0%	5 0	22.7% 0.0%	35 7	28.9% 3.7%
FLORE AMÉRICAINNE genres espèces	0 0	0.0% 0.0%	0 0	0.0% 0.0%	7 4	5.8% 2.1%
FLORE TROPICALE genres espèces	3 7	37.5% 31.8%	15 22	68.2% 62.9%	54 111	44.6% 58.1%
FLORE TEMPÉRÉE genres espèces	4 15	50.0% 68.2%	2 3	9.1% 8.5%	25 39	20.7% 20.4%
FLORE ENDÉMIQUE ARIDE genres espèces	0 0	0.0% 0.0%	0 4	0.0% 11.4%	0 3	0.0% 1.6%
Total genres espèces	8 22	100.0% 100.0%	22 35	100.0% 100.0%	121 191	100.0% 100.0%

Tableau 22 - Affinités floristiques générales de la forêt de chênes selon les strates: arborée, arbustive et herbacée.

dépassent les 10% (Tab. 21). Ce sont, par ordre d'importance, l'élément mésoaméricain de montagne (14.5%), l'élément mésoaméricain de basse altitude (10.4%) et l'élément tropical endémique du Centre du Mexique. La dominance des affinités tropicales est encore plus marquée que pour les genres puisque 156 espèces, ce qui correspond à 56.5% du nombre total, présentent de telles affinités (Tab. 21). Le pourcentage d'espèces d'affinités tempérées, égal à 23.1%, est proche de celui des genres. Un petit nombre d'espèces endémiques des régions arides nord-américaines, 8, soit 3.0%, pénètre dans ce groupement. L'endémisme du Mexique, avec 84 espèces, représente 31.2% du nombre total d'espèces. 59.6% d'entre elles (50 espèces) ont des affinités tropicales et 32.9% (31 espèces) des affinités tempérées. L'endémisme du Centre du Mexique est le plus important, avec 25 espèces d'affinités tropicales et 13 d'affinités tempérées, suivi de l'endémisme du Mexique occidental, avec 11 et 5 espèces respectivement (Tab. 21).

Dans le cas de ce groupement il existe encore des différences significatives entre les affinités floristiques de chaque strate (Tab. 22).

Espèces	d_k ind./ha	dr_k %	f_k %	fr_k %	st_k cm ² /ha	str_k %	IV_k %
<i>Quercus sideroxyla</i>	378.4	17.5	44.8	19.6	59 216.0	24.7	20.6
<i>Quercus obtusata</i>	399.6	18.5	35.0	15.3	35 828.3	14.9	16.2
<i>Quercus deserticola</i>	497.5	23.0	22.5	9.8	24 257.1	10.1	14.3
<i>Quercus subspathulata</i>	289.3	13.4	36.3	15.9	28 209.8	11.7	13.7
<i>Quercus castanea</i>	275.6	12.8	33.8	14.8	25 618.5	10.7	12.7
<i>Arbutus xalapensis</i>	25.0	1.2	11.5	5.0	21 807.1	9.1	5.1
<i>Quercus laeta</i>	132.5	6.1	6.9	3.0	8371.9	3.5	4.2
<i>Quercus candicans</i>	60.0	2.8	7.5	3.3	15 664.5	6.5	4.2
<i>Quercus gentryi</i>	70.0	3.2	8.8	3.8	6 690.1	2.8	3.3
<i>Quercus crassipes</i>	5.6	0.3	4.8	2.1	3 530.5	1.5	1.3
<i>Pinus leiophylla</i>	5.6	0.3	4.0	1.7	4 775.5	2.0	1.3
<i>Pinus teocote</i>	3.2	0.1	2.4	1.0	2 554.8	1.1	0.8
<i>Pinus michoacana var. comuta</i>	1.6	0,1	2.0	0.9	1 868.0	0.8	0.6
<i>Crataegus pubescens</i>	4.8	0.2	3.6	1.6	175.4	0.1	0.6
<i>Pinus montezumae</i>	0.8	0.0	0.8	0.3	1 274.8	0.5	0.3
<i>Vernonia uniflora</i>	7.5	0.3	1.3	0.5	181.4	0.1	0.3
<i>Buddleia sp.</i>	1.2	0.1	1.2	0.5	70.5	0.0	0.2
<i>Erythrina breviflora</i>	0.8	0.0	0.8	0.3	18.5	0.0	0.1
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.4	0.0	0.4	0.2	19.9	0.0	0.1
<i>Acacia pennatula</i>	0.4	0.0	0.4	0.2	10.3	0.0	0.1
Somme	2 159.8	100.0	228.7	100.0	240 142.8	100.0	100.0
H = 2.56	E = 0.59						

Tableau 23 - Paramètres structuraux moyens de la forêt de chênes.

Parmi les 22 espèces de la strate arborée, 14, dont 11 d'affinités tempérées, sont endémiques du Mexique (soit 63.6%). Ce pourcentage d'endémisme baisse à 40% (14 espèces, dont 11 sont d'affinités tropicales) dans la strate arbustive et à 26.7% (51 espèces, dont 31 d'affinités tropicales, 18 tempérées et 2 endémiques des zones arides) dans la strate herbacée. Parmi les espèces tropicales, 3 sur 7 se rattachent à l'élément mésoaméricain de basse altitude dans la strate arborée, 8 sur 22 à l'élément mésoaméricain de montagne dans la strate arbustive et, dans la strate herbacée, 21 sur 111 relèvent du premier élément et 30 du second.

Parmi les genres tropicaux, 6 sur 15 dans la strate arbustive et 14 sur 54 dans la strate herbacée appartiennent à l'élément pan-néotropical et presque autant (5 sur 15 et 13 sur 54 dans ces strates respectives) sont des genres pantropicaux.

5. Structure

Au total, 10 relevés ont été effectués dans la forêt de chênes: 6 l'ont été sous forme de parcelles de 50 x 50 m, 4 en forêt haute (R301, R306, R404 et R427) et 2 en forêt basse (R302 et R307), tandis que 4 consistaient en placettes de 20 x 20 m en forêt basse (R416, R430, R601 et R602):

N°	Localité	Municipio	Altitude	Exposition	Pente
R301	500 m au nord-est de Caurio de Guadalupe	Villa Jiménez	2 070	S-SO	3-4
R302	Cerro El Copalillo, 5 km à l'est de Caurio de Guadalupe	Villa Jiménez	2 200	NE	2
R306	1.5 km à l'est de Comanja	Coeneo	2 000	O	3-4
R307	2 km au nord de Comanja	Coeneo	1 980	E	1
R404	La Pequeña de Cofradía	Zacapu	2 360	NE	3-4
R416	Barranca El Guajolote, cerro de Zináparo	Churintzio	2 200	N-NO	3
R427	Milpillas	Zacapu	2 120	SO	1
R430*	El Puerto, cerro Brinco del Diablo	Villa Jiménez	2 280	N-NO	4
R601*	Sommet du Cerro Grande de La Piedad	La Piedad	2 500	O-NO	3-4
R602*	Cerro Grande de La Piedad	La Piedad	2 310	E-NE	3

5.1. Les paramètres structuraux

Les paramètres structuraux moyens de la forêt de chênes sont donnés dans le tableau 23.

La densité et la surface terrière totales moyennes, respectivement de 2 160 ind./ha et de 24.0 m²/ha (Tab. 23), cachent une grande variabilité de ces paramètres au niveau de chaque peuplement (Fig. 34). Dans les forêts hautes (photo 14), les surfaces terrières totales restent moyennes et constantes dans les différents relevés (elles varient de 20.0, dans R427, à 22.9 m²/ha, dans R404, ce qui représente une variation de 1 à 1.4) alors que les densités totales sont faibles et varient dans un rapport de 1 à 3.2 (de 280, dans

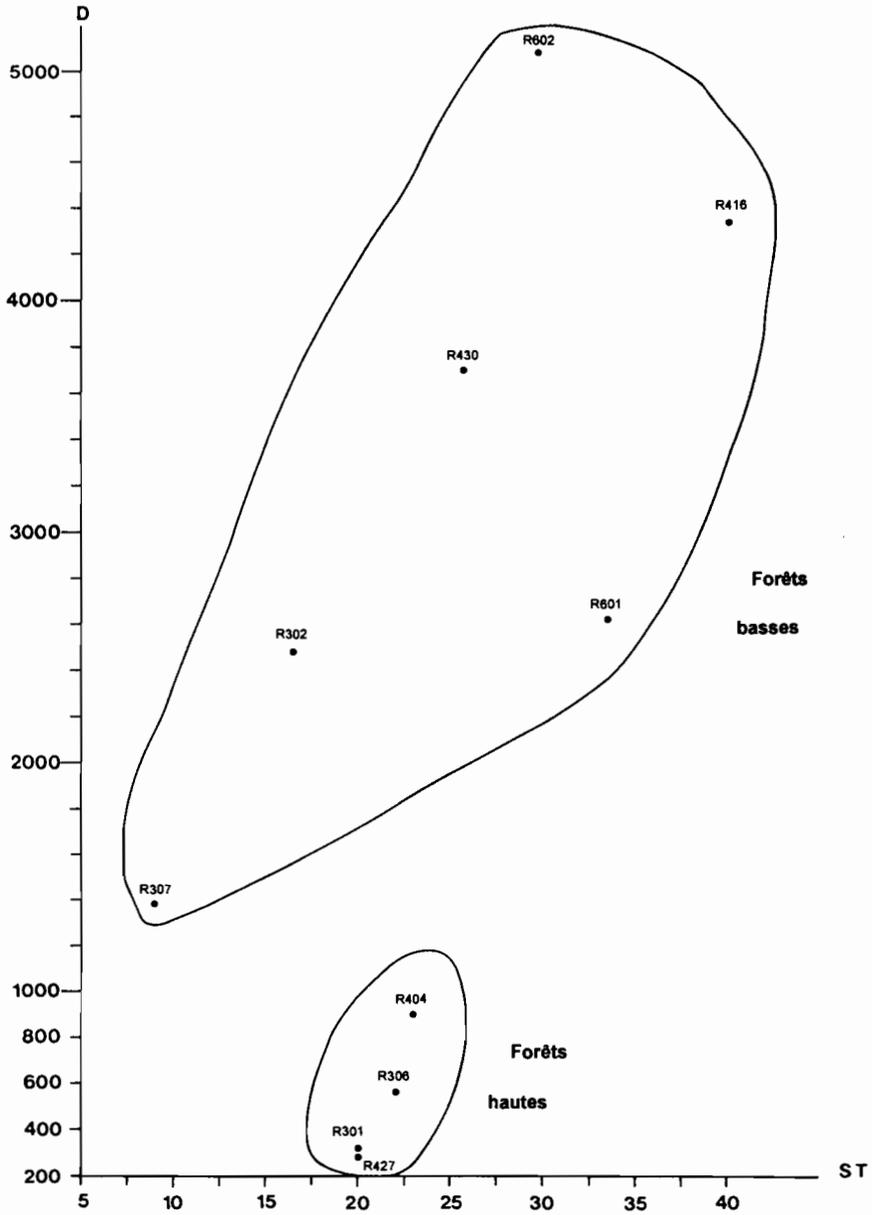


Figure 34 - Relations entre la densité et la surface terrière totales dans les relevés de la forêt de chênes.

R427, à 900 ind./ha, dans R404). Pour les forêts basses (photo 15), les surfaces terrières totales varient énormément (Fig. 34, dans un rapport de 1 à 4.4: de 9.0, pour R307, à 40.0 m²/ha, pour R416), et les densités totales sont plus élevées, avec une variation de 1 à 3.6 (de 1 288, R307, à 5 075 ind./ha, dans R602).

Parmi les 10 espèces les plus importantes ($1.3 < IVI_k < 20.6$) 9 sont des espèces de chênes (Tabs. 23 et 24).

- *Quercus sideroxyla* est l'espèce la plus importante en moyenne avec un $IVI_k = 20.6\%$ (Tab. 24). Elle est présente dans le Nord de la Sierra Tarasque et dans le Sud de la dépression du Lerma. Son importance est encore plus grande dans les peuplements ($44.5 < IVI_k < 96.0\%$, Tab. 24). Cette espèce forme des peuplements, tant de forêts hautes (R427, R406 et R4301) que de forêts basses (R307 et R302), où elle est à la fois relativement la plus dense, fréquente et dominante.
- *Quercus obtusata*, deuxième par ordre d'importance ($IVI_k = 16.2\%$, Tab. 23), peut être une des espèces principales de forêts hautes du Nord de la sierra (R404) et de forêts hautes (R427) ou basses (R416 et R430) de la dépression du Lerma. Contrairement à *Q. sideroxyla*, son IVI_k dépasse rarement 50% dans les peuplements (Tab. 24).
- *Quercus deserticola* (IVI moyen de 14.3%, Tab. 23) est caractéristique de forêts basses, mais seulement dans le Centre et Nord de la dépression du Lerma (d'où une fr_k moyenne assez faible, inférieure à 10%, Tab. 23). Arbre de petite taille, il a une densité relative supérieure à sa dominance relative (respectivement 23.0 et 10.1% en moyenne, Tab.24).
- *Quercus subspathulata* et *Q. castanea*, qui présentent un IVI moyen de 13.7 et 12.7% respectivement (Tab. 23), restent moyennement à peu importantes dans les peuplements (Tab. 24).

Les 5 espèces de chênes précédentes sont les plus importantes. Ce sont les seules dont l' IVI moyen soit supérieur à 12%, alors que l'espèce qui suit par ordre d'importance (*Arbutus xalapensis*) possède un IVI moyen de 5.1% (Tab. 23). Cependant, c'est cette dernière espèce qui est le plus régulièrement répartie: elle est présente dans 7 des 10 relevés, avec un faible effectif absolu et relatif ($0.2 < dr_k < 6.2\%$ selon les relevés et fr_k moyen de 1.2%, Tab. 23). Ce sont surtout des arbres de gros diamètres, qui présentent donc une dominance relative comparativement élevée ($1.0 < str_k < 32.1\%$ selon les relevés et une moyenne de 9.1% pour l'ensemble du groupement).

- *Quercus laeta* et *Q. gentryi* sont caractéristiques des forêts basses. La première espèce n'est pas fréquente, mais peut être dense ($d_k = 1\ 325$ ind./ha dans R602 et $dr_k = 6.1\%$ en moyenne). Inversement, la deuxième, plus fréquente mais moins dense, est présente dans 3 relevés (R430, R416 et R602) où son IVI_k , compris entre 3.0 et 12.5%, est de 3.3% en moyenne.
- *Quercus candicans* et *Q. crassipes*, peu fréquents, se rencontrent le premier dans les forêts hautes du Nord de la Sierra Tarasque et du Sud de la dépression du Lerma et le second dans le Nord de la dépression, où il est localement important (dans R601, $IVI_k = 33.5\%$, Tab. 24), et dans le Nord de la sierra (Bello et Labat 1987) où il reste rare. Ces deux espèces étant de grande taille, leur densité relative est en moyenne relativement plus faible que leur dominance relative (Tab. 23).



Photo 14 - Forêt haute de chênes de la Sierra Tarasque (R404). La Pequeña de Cofradía, municipio Zacapu, 2 360 m.



Photo 15 - Forêt basse de chênes du Nord de la dépression du Lerma (R602). Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 200 m.

Espèces	IVI %										
	Forêts hautes				Forêts basses						
	R404	R427	R306	R301	R307	R302	R430	R416	R601	R602	Moyenne
<i>Quercus sideroxyfa</i>		54.4	53.2	52.3	44.5	96.0					20.6
<i>Quercus obtusata</i>	50.6	26.2					31.2	40.9	1.2		16.2
<i>Quercus deserticola</i>							46.9	3.2	1.9	46.6	14.3
<i>Quercus subspathulata</i>			32.9	26.9	21.1				45.6	15.9	13.7
<i>Quercus castanea</i>	13.6		8.0	3.9	25.2			39.0	17.8		12.7
<i>Quercus laeta</i>										28.3	4.2
<i>Quercus candicans</i>									33.5		4.2
<i>Quercus gentryi</i>							12.5	3.0		9.2	3.3
<i>Quercus crassipes</i>	2.5			15.8							1.3
Total Quercus spp.	66.7	80.6	94.1	98.9	90.8	96.0	90.6	86.1	100	100	90.5
<i>Pinus spp.</i>	21.0	14.0									3.0
Autres espèces	12.3	5.3	5.9	1.2	9.2	4.0	9.3	13.8			6.5

Tableau 24 - IVI par relevé des genres *Pinus* et *Quercus* et des autres espèces de la forêt de chênes (les 4 premiers relevés correspondent à des forêts hautes et les derniers à des forêts basses).

En faisant le total des IVI_k pour le genre *Quercus* (Tab. 24), on obtient une valeur proche de 90% en moyenne pour l'ensemble du groupement. Le minimum est de 66.7 et 80.6% pour les peuplements en contact avec la forêt mésophile de pins, où les pins totalisent un IVI de 21.0 et 14.0% dans R404 et R427 respectivement (Tab. 24). Les différentes espèces de *Pinus* ont un IVI moyen très faible, compris entre 1.3 et 0.3% (Tab. 23). Leur dominance relative est comparativement plus élevée que leur densité relative, ce qui correspond à un petit nombre d'individus de gros diamètres.

Les 6 espèces restantes, avec des IVI inférieurs à 0.6%, sont des arbustes, la plupart secondaires.

L'indice de diversité de l'ensemble du groupement, de 2.56 bits, correspond à une équitabilité faible, de 0.59 (Tab. 23). Dans les différents peuplements étudiés, les indices de diversité sont comparables ($1.32 < H_{sh} < 1.74$) mais les équitabilités plus variables ($0.53 < E < 0.83$), selon le nombre plus ou moins grand d'espèces rares dans les peuplements⁴⁰.

5.2. Structure par classe de diamètre

5.2.1. Structure totale

Les structures totales des peuplements étudiés diffèrent, selon qu'il s'agit de forêts hautes ou de forêts basses, et sont marquées par les activités anthropiques subies. Logiquement, les diamètres maximaux sont plus élevés dans les forêts hautes (55 à 75 cm selon les relevés) que dans les forêts basses (20 à 55 cm), les distributions du nombre de tiges et de la surface terrière sont plus étalées dans le premier cas que dans le second.

5.2.1.1. Les forêts hautes

Dans les forêts hautes, la surface terrière se distribue plus ou moins régulièrement selon un modèle en cloche (Fig. 35).

Les relevés R306 et R427 sont caractérisés par une répartition des tiges où seulement 12 à 15% d'entre elles ont leurs diamètres compris entre 5 et 10 cm alors que près de 30% les ont entre 5 et 15 cm. Pour la surface terrière, la classe 5-10 cm en regroupe moins de 1.5%, et les deux premières classes, de 5 à 15 cm, entre 3.5 et 7.5%, ce qui exprime la faible régénération de ces peuplements.

La distribution du nombre de tiges est régulière dans le relevé R306, en forme de cloche (Fig. 35). Cette dernière forêt, qui se développe sur un lithosol de l'extrême Nord-Est de la Sierra Tarasque, subit une pression anthropique actuelle assez faible; sa structure reste donc équilibrée et régulière, avec une strate arborescente (aux diamètres supérieurs à 20-25 cm) fermée et assez dense. Dans la strate arbustive, bien développée, le DBH de certains individus atteint 5 cm, mais, en raison de la densité de

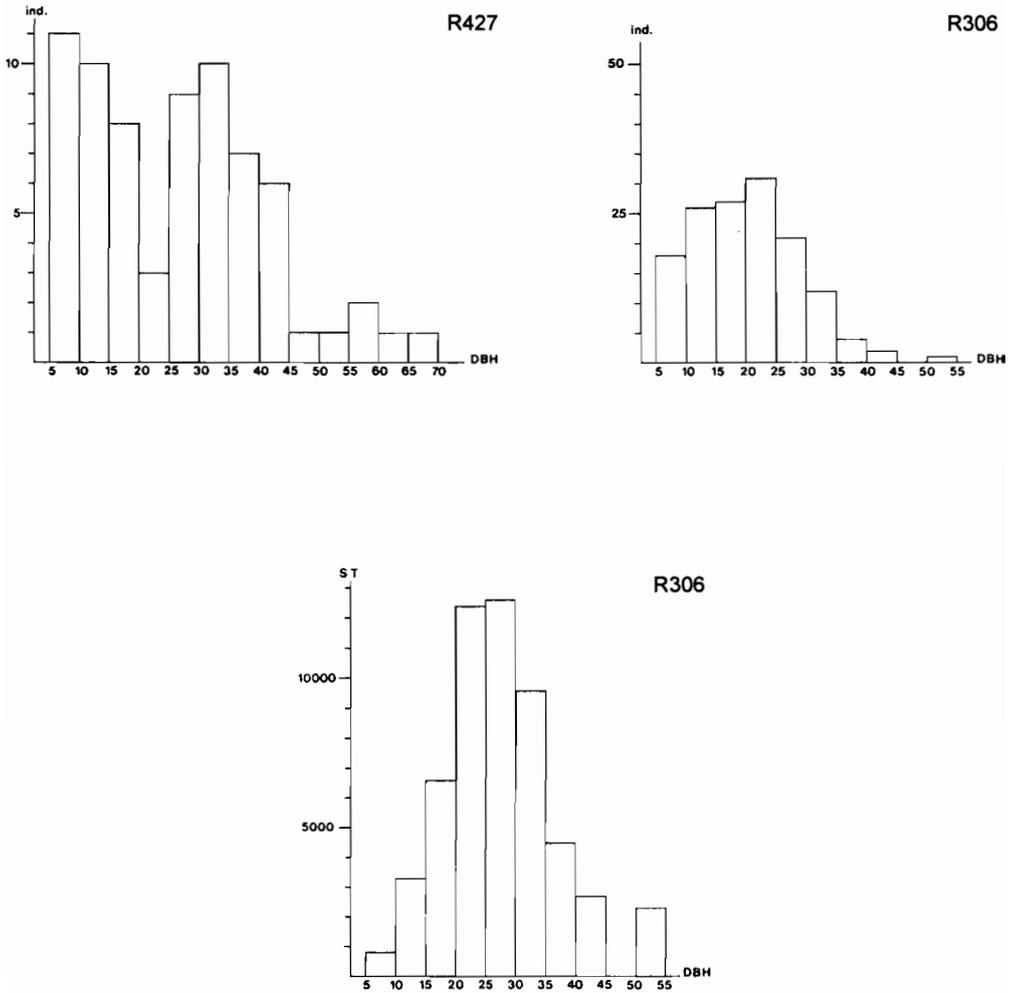


Figure 35 - Modèles de structures totales du nombre de tiges (R306 et R427) et de la surface terrière (R306) dans les forêts hautes de chênes.

la strate arborée, la régénération actuelle est faible dans ce peuplement encore assez jeune et dont le développement est limité par la nature du sol.

En revanche, la forêt du relevé R427 se développe sur un andosol plus profond. Pâturée, avec des arbres régulièrement abattus, cette forêt est pourtant protégée par les propriétaires (présence de gardes nuit et jour): de gros individus (pins et chênes dont le DBH est supérieur à 45 cm) sont ainsi conservés. La connaissance de ce système d'exploitation permet de comprendre la forme irrégulière de la distribution des tiges (Fig. 35): la première partie (entre 5 et 25 cm de diamètre) correspond à une régénération assez faible des chênes, sous forme de rejets ou de semis, dans les trouées artificielles consécutives à l'abattage d'un arbre: la deuxième partie (entre 25 et 45 cm de DBH, 45.7% des tiges) englobe les individus qui forment la strate arborée, où des prélèvements réguliers mais contrôlés sont réalisés. Les grands arbres, de plus de 45 cm de diamètre, sont conservés pour assurer l'ensemencement. On assiste dans ce peuplement à une gestion des ressources sylvicoles de la forêt de chênes qui rappelle la technique du taillis sous futaie.

Le relevé R301, proche du village de Caurio de Guadalupe, subit une exploitation plus anarchique et plus intense que le précédent. La distribution des tiges suit le même modèle que celui du relevé R427 (Fig. 35), avec quelques différences notables. Un peu plus de 50% des chênes sont soit des rejets de souches (15%), soit des troncs coupés entre 1.50 et 2 m du sol et qui ont vigoureusement rejeté à cette hauteur (39%): il en résulte une distribution très irrégulière des tiges et, surtout, de la surface terrière. La proportion assez élevée de petits arbres de 5 à 10 cm de DBH (32.1%) traduit une régénération active, par semis et par rejets, de cette forêt ouverte (densité faible de 324 ind./ha).

L'intérêt de la station du relevé R404 réside dans le fait qu'elle devait abriter une forêt mésophile de pins. Rappelons que le phénomène du remplacement des forêts mésophiles de pins par des forêts de chênes a déjà été évoqué à la section 2.4.2.2 du chapitre II de la Deuxième Partie. Pour le peuplement du relevé R404, la structure par espèces prouve, par comparaison avec celles des relevés R407 et R402, que la forêt de chênes est ici dans un stade avancé de stabilisation: la distribution décroissante du nombre de tiges au-dessus de 10 cm de diamètre témoigne d'une régénération active des espèces de chênes après la coupe des pins, mécanisme qui s'est ralenti par la suite, avec un nombre presque constant d'arbres dans les deux premières classes de diamètre. Les individus se distribuent en fait selon un modèle tout à fait comparable à celui qui est décrit pour R427, même si, dans R404, la deuxième partie de l'histogramme est absente puisque presque tous les arbres de la strate arborée supérieure avaient été abattus.

5.2.1.2. Les forêts basses

Les forêts basses, pour la plupart des taillis, correspondent à des peuplements jeunes résultant d'une surexploitation forestière qui a consisté en coupes très impor-

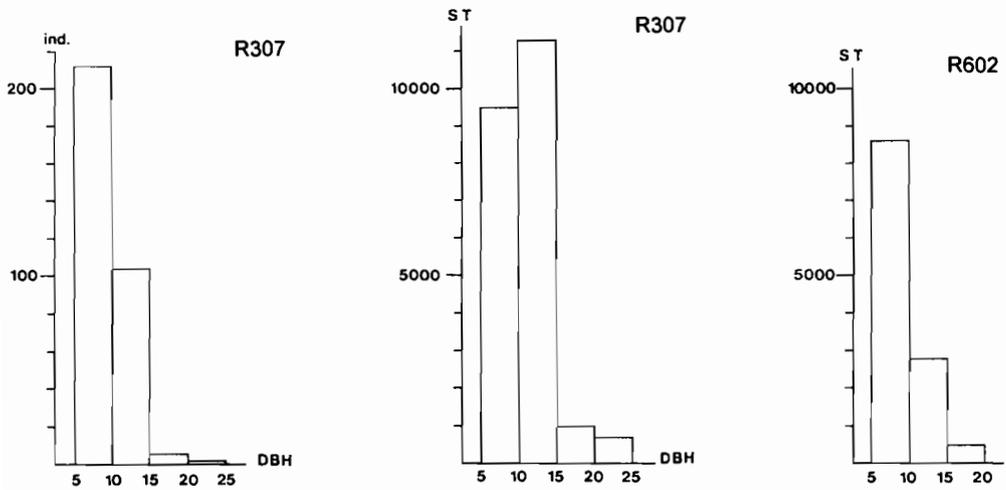


Figure 36 - Modèles de structures totales du nombre de tiges (R307) et de la surface terrière (R307 et R602) dans les forêts basses de chênes.

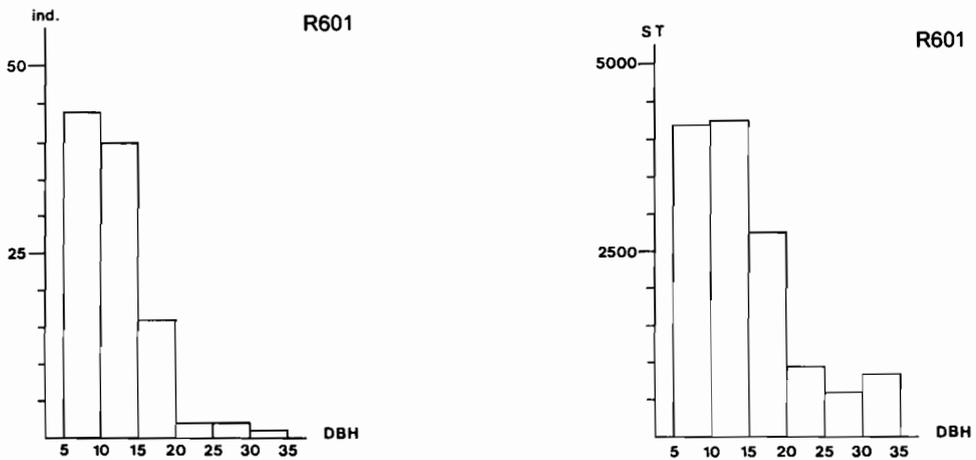


Figure 37 - Structures totales du nombre de tiges et de la surface terrière d'un peuplement intermédiaire entre une forêt haute et une forêt basse de chênes (R601).

tantes, ou même en coupes rases, pour la production de charbon de bois par le passé, et en coupes plus ou moins répétées pour la collecte de bois à usage essentiellement domestique.

Les tiges se distribuent, selon une forme générale de L relativement redressé, entre 5 et 20 à 25 cm de DBH dans 5 des 6 relevés (R302, R307, R416, R430 et R402, Fig. 36). Cette structure dénote une régénération active de ces peuplements récents: 65 à 80% des troncs ont un DBH de 5 à 10 cm pour 95 à 99% entre 5 et 15 cm. Les relevés R302, R416 et R430 comptent quelques rares individus de plus de 25 cm de DBH, presque tous des *Arbutus xalapensis*, espèce non exploitée.

Des différences entre ces 5 relevés sont perceptibles au niveau de la distribution de la surface terrière. L'ancienneté de la dernière coupe rase permet d'interpréter ces variations: les taillis les plus jeunes ont une répartition de la surface terrière en forme de L redressé (R602, Fig. 36), structure qui s'aplatit dans les peuplements plus anciens (R430 et R416) pour finalement ne présenter qu'un palier entre 5 et 15 cm de DBH (R302 et R306, Fig. 36).

Le relevé R601, effectué dans un peuplement peu perturbé, a une structure considérée comme intermédiaire entre les forêts basses et les forêts hautes. Il se situe dans une phase de maturation, où la régénération est moins active: les histogrammes de distribution des tiges, comme ceux de la surface terrière, ont une forme générale en cloche tronquée à gauche (Fig. 37).

5.2.2. Structure par espèces

Les espèces arbustives, *Crataegus pubescens*, *Vernonia uniflora*, *Buddleia* sp., *Erythrina breviflora*, *Eysenhardtia polystachya* et *Acacia pennatula* ne possèdent que quelques individus dans la première classe de diamètre.

Les distributions du nombre de tiges comme de la surface terrière d'*Arbutus xalapensis* (R302, R306, R307, R407, R427, R430 et R404), des 4 espèces de *Pinus* (R404 et R427) et de *Quercus crassipes* (R301 et R404) sont erratiques entre 5 et 30 à 70 cm. Ce sont des espèces rares qui ont une faible régénération tant dans les forêts hautes que dans les forêts basses.

La surface terrière de *Quercus sideroxylla* dans les forêts hautes se distribue selon une forme générale comparable dans tous les relevés (Fig. 38): une première partie, entre 5 et 20 à 25 cm, est légèrement ascendante avec des valeurs faibles; une deuxième, entre 20 à 25 cm et 40 à 50 cm de DBH, où les valeurs de la surface terrière sont maximales, correspond aux individus qui forment la strate arborée; une troisième partie, jusqu'à 55 à 65 cm, avec des surfaces terrières assez élevées et irrégulièrement réparties, regroupe de vieux individus isolés qui émergent au-dessus de la strate arborée.

La distribution du nombre de tiges de *Quercus sideroxylla* est irrégulière dans le relevé R427 (Fig. 38). La première partie de l'histogramme, entre 5 et 25 cm de DBH, a une forme de cloche: elle regroupe la population d'un taillis déjà ancien, avec une assez faible régénération actuelle (peu d'individus dans la classe 5-10 cm); une deuxième

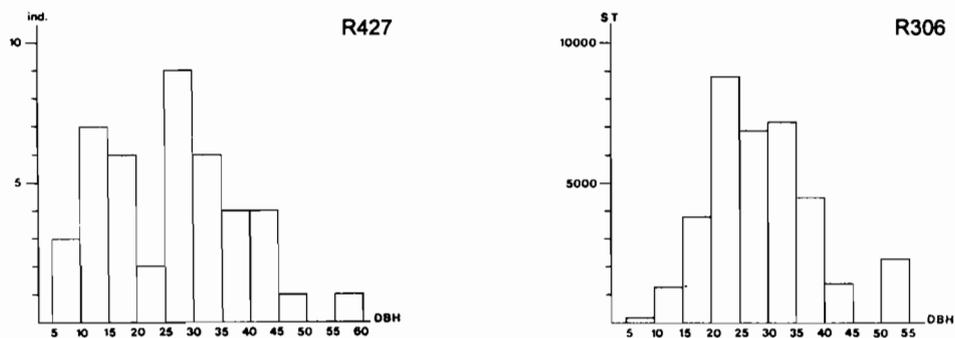


Figure 38 - Modèles de structures du nombre de tiges (R427) et de la surface terrière (R306) de *Quercus sideroxylo* dans les forêts hautes de chênes.

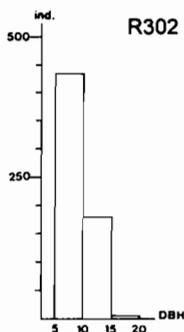


Figure 39 - Modèles de structures du nombre de tiges (R302) de *Quercus sideroxylo* dans les forêts basses de chênes.

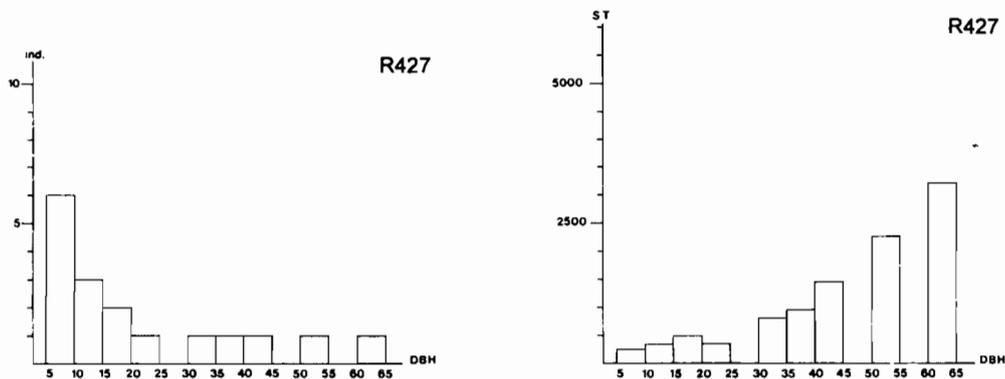


Figure 40 - Modèles de structures du nombre de tiges et de la surface terrière de *Quercus obtusata* dans les forêts hautes de chênes (R427).

partie, au-dessus de 25 cm de DBH, décroît vers les forts diamètres. Cette structure résulte de la technique de gestion de la forêt, proche du taillis sous futaie, que nous avons signalée dans la section précédente. Dans le cas du relevé R301, la structure très irrégulière entre 10 et 65 cm découle de l'exploitation anarchique de cette forêt. Cette structure est caractérisée par un effectif élevé de la première classe de diamètre marquant la forte régénération de cette espèce, surtout sous forme de rejets, dans cette forêt ouverte. Dans R406, l'histogramme de distribution du nombre de tiges est semblable à la première partie de celui de cette espèce dans R427 (en forme de cloche, Fig. 38) mais plus étalé, jusqu'à 55 cm de DBH. Cette structure rend compte d'une faible régénération actuelle de cette espèce.

Quercus sideroxyla possède des structures presque identiques dans les deux forêts basses où elle est la plus importante, R302 et R307. Le nombre de tiges suit une distribution fortement décroissante et presque linéaire entre 5 et 20 cm (Fig. 39). Cette décroissance, plus accentuée dans R302, est associée à des valeurs presque constantes de la surface terrière, entre 5 et 10 cm. Par contre, dans le relevé R307, la surface terrière de la classe 10-15 est la plus élevée. Ces deux structures sont caractéristiques de taillis uniformes (absence de gros diamètres), légèrement plus anciens et évolués en ce qui concerne le peuplement du relevé R307. Ce dernier entre dans la phase de maturation, avec une plus faible régénération actuelle à l'ombre de la strate arborée un peu plus haute qui se reconstitue.

La structure de *Quercus obtusata* met en évidence une plus grande tolérance à l'ombre et une moins grande capacité à émettre des rejets que *Q. sideroxyla* et *Q. deserticola*.

En effet, dans la forêt haute de R427, où *Quercus sideroxyla* est l'espèce la plus importante avec une faible régénération, l'histogramme de distribution du nombre de tiges de *Q. obtusata* présente une forme en L surbaissé (Fig. 40). L'histogramme de la surface terrière est inversé, avec la branche du L dans la classe 60-65 cm (Fig. 40), marque d'une régénération active à partir des gros individus conservés. La structure de *Q. obtusata* dans l'autre forêt haute (R404) indique une régénération également assez forte lors de l'abattage des pins (maximum de tiges et maximum secondaire de surface terrière dans la classe 10-15 cm), favorisée par l'ombre de la strate arborée basse qui existait dans la forêt mésophile de pins (maximum de surface terrière et palier du nombre de tiges dans la classe 20-25 cm). Actuellement, cette espèce est dans une phase de maturation et de reconstitution de la strate arborée.

Dans les forêts basses, R416 et R430, la distribution du nombre de tiges de *Quercus obtusata* suit le même modèle général que celle de *Q. sideroxyla* (Fig. 39). La décroissance est plus rapide dans R416 et la surface terrière diminue également régulièrement vers les forts diamètres, ce qui n'est pas le cas dans R430. La régénération actuelle est donc moins intense dans un taillis (R430), où *Q. deserticola*, très abondant ($dr_x = 58.8\%$), possède une régénération beaucoup plus active. Par contre, dans une jeune futaie (R416, où la pression anthropique est plus faible depuis plusieurs dizaines d'années) *Q. obtusata* a une forte régénération par semis.

Dans deux forêts hautes (R306 et R301), *Quercus subspathulata* présente des struc-

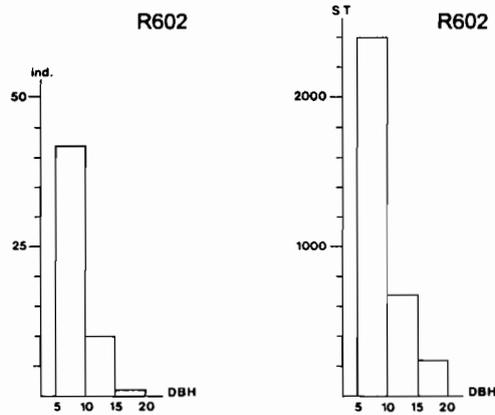


Figure 41 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de *Quercus laeta* dans une forêt basse de chênes (R602).

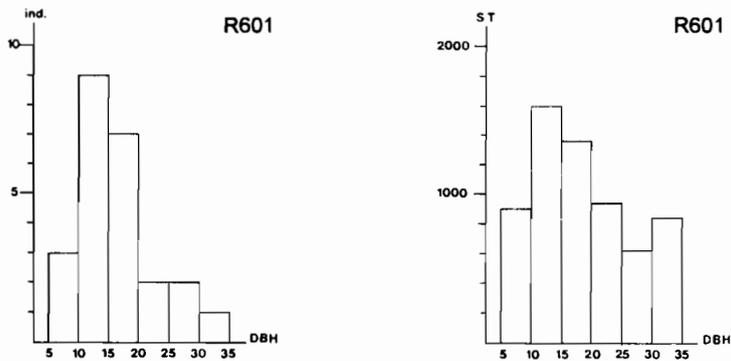


Figure 42 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de *Quercus candicans* dans une forêt basse de chênes (R601).

tures tout à fait identiques à celles de *Q. sideroxylla* (Fig. 38) qui, dans les deux cas, est l'espèce la plus importante. De plus, comme pour *Q. sideroxylla*, sa régénération est active dans les trois forêts basses (R307, R601 et R602), où le nombre de tiges et la surface terrière diminuent entre 5 et 20 ou 25 cm de DBH.

Comme *Quercus obtusata*, *Q. castanea* est tolérante à l'ombre. Elles ont, toutes deux, une structure semblable dans les trois relevés où elles sont associées (R404 en forêt haute ainsi que R416 et R601 en forêt basse).

Les petits arbres de *Quercus deserticola* et *Q. laeta* ne se développent que dans les forêts basses. Ils sont abondants dans les plus récentes (R602 et R430 pour la première espèce et R602 seulement pour la seconde) devenant rares ou absents dans les forêts déjà plus évoluées. Ces deux chênes ont des structures tout à fait comparables: distribution des tiges et de la surface terrière en forme de L très redressé entre 5 et 10 à 15 cm (Fig. 41), structure qui manifeste une régénération active de ces espèces: héliophiles, elles recolonisent les surfaces ouvertes et peuvent se maintenir dans les peuplements surexploités (comme dans R430 et R602) grâce à une grande capacité de régénération par rejets. En effet, dans les deux peuplements étudiés, la quasi-totalité des troncs consiste en rejets regroupés par 3 à 7 autour d'une souche mère (photo 16).

La présence de *Quercus candicans* au sommet du cerro de La Piedad s'explique par des conditions microclimatiques plus humides. Les distributions, du nombre de tiges comme de la surface terrière, sont en forme de cloche étalée à droite avec un maximum dans la classe 10-15 cm (Fig. 42). C'est une espèce importante dans la strate arborée qui entre en phase de maturation (croissance végétative) en s'accompagnant d'une faible régénération actuelle.

Quercus gentryi ne se rencontre que dans les forêts basses les plus jeunes (R602, R430 et R416). Elle reste assez rare et a une régénération plutôt faible (nombre d'individus qui décroît entre 5 et 20 cm et surface terrière qui augmente entre ces deux mêmes valeurs). Ce chêne, certainement héliophile, semble désavantagé par sa faible capacité à rejeter.

6. Régénération

Le déboisement de la forêt de chênes pour l'exploitation agricole laisse les sols, généralement peu profonds et en pentes parfois assez fortes, exposés à l'action d'une érosion hydrique intense et rapide (photo 17); après l'abandon des cultures, un fourré bas s'installe, dominé par des espèces arbustives secondaires (marquées du signe + dans les paragraphes sur la composition floristique) propres à la forêt de chênes mais aussi et surtout à la forêt tropicale caducifoliée (espèces avec les signes +*). Le pâturage, surtout caprin, stabilise ces fourrés car le feuillage des chênes qui arrivent à s'installer sert de fourrage d'appoint durant la saison sèche. Les chèvres en sont friandes (photo 18). En outre, les incendies qui parcourent régulièrement ces pâturages favorisent des espèces secondaires comme *Eysenhardtia polysachya*, qui rejettent rapidement de la souche après le passage du feu (photo 19).



Photo 16 - Rejets multiples de la base de Quercus deserticola dans une forêt basse de chênes (R602). Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 200 m.



Photo 17 - Erosion d'un sol déforesté après quelques années de mise en culture. Au centre de la photographie, deux espèces secondaires: Quercus laeta (à gauche) et Ipomoea murucoides (à droite). Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 050 m.

Des fourrés bas (de 0.5 à 1 m de hauteur) de *Quercus frutex* se propagent de plus en plus (sur le massif du Zináparo et surtout dans le Centre Nord de la dépression du Lerma) envahissant les zones surpâturées et brûlées presque systématiquement tous les ans, à la fin de la saison sèche. Ces fourrés forment des plages impénétrables qui peuvent couvrir une superficie de plusieurs hectares (photo 20). Peu d'espèces arrivent à s'y installer en dehors de *Mimosa rhodocarpa*, *M. aculeaticarpa*, *Eysenhardtia polystachya*, *Quercus laeta* et *Salvia breviflora*, qui ont un port arbustif, et quelques espèces herbacées parmi lesquelles on peut citer: *Bouteloua hirsuta*, *Dyschoriste capitata*, *Guardiola mexicana*, *Euphorbia dentata* var. *dentata*, *Hilaria ciliata*, *Ipomoea capillacea*, *Nemastylis tenuis*, *Panicum lepidulum*, *Pericalia sessilifolia*, *Schkuhria pinnata* var. *guatemalensis*, *Setaria geniculata*, *Stemodia* sp. et *Verbesina tetraptera*. *Quercus frutex* est résistant au feu, essentiellement grâce à une racine tubérisée, et comme il rejette très rapidement, il assure une propagation envahissante par multiplication végétative; ses feuilles, de petite taille et très rigides, ne sont pas appréciées par le bétail (même les chèvres ne les mangent pas) ce qui facilite également sa régénération.

Quercus sideroxyla et *Q. subspathulata*, espèces héliophiles, sont celles qui rejettent le mieux de souche et sont ainsi les plus importantes dans les taillis. Les espèces sciaphiles, *Q. obtusata* et *Q. castanea*, qui forment peu de rejets, se développent en formant des futaies, surtout dans les stations soumises à une pression anthropique (coupes répétées) plus faible. Les petits chênes, *Q. deserticola* et *Q. laeta*, héliophiles et qui rejettent très facilement, montrent des caractères xérophiles très marqués (port de l'arbre, type de feuilles, phénologie...). Ils deviennent de plus en plus abondants dans les forêts basses du Nord et du Centre de la dépression du Lerma, où les coupes répétées et importantes favorisent la stabilisation de ces taillis anthropiques.

7. Conclusion

Le déterminisme de ce groupement est essentiellement climatique. Ce sont les facteurs thermiques ($t_f < 13^\circ\text{C}$) qui le différencient de la forêt tropicale caducifoliée et de la forêt thermophile de pins, mais c'est l'humidité ($P < 1\ 000$ mm et saison sèche de 7 mois) qui détermine la forêt de chênes par rapport à la forêt mésophile de pins. Cette double individualisation, thermique et hydrique, favorise la pénétration de plantes en provenance des groupements voisins. C'est le cas des espèces de la forêt tropicale caducifoliée qui sont les moins exigeantes vis-à-vis de la température, pour la plupart des espèces secondaires, héliophiles, comme *Acacia* spp. ou *Ipomoea murucoides* par exemple. Elles possèdent une grande amplitude climatique, puisqu'elles sont également présentes sur le Haut-Plateau central, plus frais et sec. Par contre, des espèces herbacées ou arbustives sciaphiles viennent en général de la forêt mésophile de pins: elles rencontrent dans le sous-bois des conditions microclimatiques plus humides.

Les forêts de chênes sont très dégradées dans toute la zone d'étude. Les peuplements sont tous anthropisés, comme en témoignent leurs structures. Les taillis secondaires remplacent de plus en plus les futaies. Dans le Nord et le Centre de la dépression



Photo 18 - Chèvres broutant les feuilles de Quercus deserticola dans un fourré clair secondaire, en saison sèche. Yácatas del Metate, Aguanuato, municipio Panindícuaro, 2 150 m.



*Photo 19 - Prairie arbustive secondaire de la forêt de chênes avec des individus isolés de *Quercus deserticola* de 2 à 4 m de haut. Les touffes arbustives sont constituées par *Baccharis pteronioides*, *Buddleia sessiliflora*, *Acacia farnesiana* et, au premier plan, *Eysenhardtia polystachya*. Yácatas del Metate, Aguanuato, municipio Panindicuaro, 2 150 m.*



*Photo 20 - Fourré bas et dense de *Quercus frutex*. Las Pomas, cerro de Zináparo, municipio Churintzio, 2 180 m.*

du Lerma, l'extension de ce groupement diminue de façon inquiétante, en particulier par suite de déforestations massives à des fins agricoles: les sols, une fois nus, en général peu profonds et situés sur des pentes, subissent une érosion hydrique intense. Dans ces conditions édaphiques, les chênes caractéristiques de la forêt naturelle ne peuvent pas germer, alors que des chênes secondaires, arbustifs ou de petite taille, plus xérophiles, peuvent s'installer. Les forêts basses secondaires qui se développent sont alors exploitées (coupes de bois) et stabilisées car ces chênes possèdent une grande capacité de multiplication végétative par rejets.

Par contre, dans la Sierra Tarasque, plus humide, la forêt de chênes est en extension aux dépens de la forêt mésophile de pins.

Notes

- 39 Puig cite *Quercus omissa* Trel. et *Q. hartwegi* Benth., synonymes respectivement de *Q. sideroxyla* Humb. et Bonpl. (selon McVaugh 1974; González 1986 et Bello et Labat 1987) et *Q. obtusata* Humb. et Bonpl. (selon McVaugh 1974; Rzedowski et Rzedowski 1979 et Bello et Labat 1987).
- 40 Le relevé R302 est l'exception, puisque $H_{sh} = 0.23$ et $E = 0.15$: c'est un peuplement presque monospécifique de *Quercus sideroxyla*.

V. LA FORÊT TROPICALE CADUCIFOLIÉE

1. Généralités

La végétation de la dépression du Lerma, entre 1 500 et 2 000 m d'altitude, est constituée par une mosaïque de communautés végétales herbacées, arbustives et arborées hétérogènes, mais caractéristiques de cet étage altitudinal d'une portion du Mexique occidental. Ce type de végétation s'étend du Nord du Michoacán et du Sud du Guanajuato jusqu'au Jalisco et, vers le nord, jusqu'aux États du Nayarit, de Zacatecas et d'Aguascalientes (Rzedowski 1979). Ces communautés ont été dénommées *matorral subtropical* (fourré subtropical) pour la première fois par Guzmán et Vela (1960) lors de leur étude de la végétation du Sud-Ouest du Zacatecas, terme couramment utilisé depuis, par exemple par Rzedowski et McVaugh (1966) ou INEGI (1985).

En fait, la nature phytogéographique de ces communautés végétales reste un point très discuté dans la littérature afférente. Léopold (1950) et Flores *et al.* (1971) les considèrent comme partie intégrante de la *tropical deciduous forest* et de la *selva baja caducifoliada* respectivement; toutefois, dans sa carte de la végétation du Mexique, Léopold inclut le Bajío dans le *mesquite-grassland*, à cause de la végétation originelle des sols profonds de la région, et Duellman (1965) considère la végétation du Nord et du Nord-Ouest du Michoacán comme une végétation tempérée, un *mesquite-grassland*.

Comme le signalent Rzedowski et McVaugh (1966), le *matorral subtropical* est physionomiquement analogue à un fourré de la partie orientale du Mexique qui s'étend depuis l'État de Querétaro jusqu'à celui de Nuevo-León et qui se développe dans des conditions climatiques semblables. Ce fourré oriental a été décrit sous les noms de *piédmont shrub* (Muller 1939), *matorral submontano* (Rzedowski 1955 et 1966) et fourré de piémont (Puig 1971, 1976 et 1979). Puig (1979), dans sa carte de la végétation de Guadalajara-Tampico, considère le fourré subtropical comme un faciès occidental du fourré de piémont.

Rzedowski et McVaugh (1966) émettent deux hypothèses pratiquement opposées sur l'origine du fourré subtropical: ce dernier pourrait être un fourré secondaire de la forêt tropicale caducifoliée ou une végétation climax de la zone écologique qu'il occupe. Rzedowski (1978 et 1979) précise que sa structure et sa composition floristique traduisent les effets d'intenses perturbations et que cette série de communautés végétales doit représenter, au moins en partie, des phases de régénération plus au moins bloquées de la forêt tropicale caducifoliée.

Rzedowski et Rzedowski (1987) signalent que le premier travail qui mentionne la présence de la forêt tropicale caducifoliée dans le Bajío est celui de Rivas (sans date). Les travaux les plus récents (Labat 1987b et Rzedowski et Rzedowski 1987) font état de sa présence, ou du moins de stades pré-climax, dans le Bajío. Dans cette région, ce



Photo 21 - Site refuge de la forêt tropicale caducifoliée, exposé au sud, entre 1 900 et 2 050 m d'altitude (R414). Barranca de Los Palos Amarillos (en bas) et barranca del Diablo (en haut). Cerro de Zináparo, municipio Churintzio.

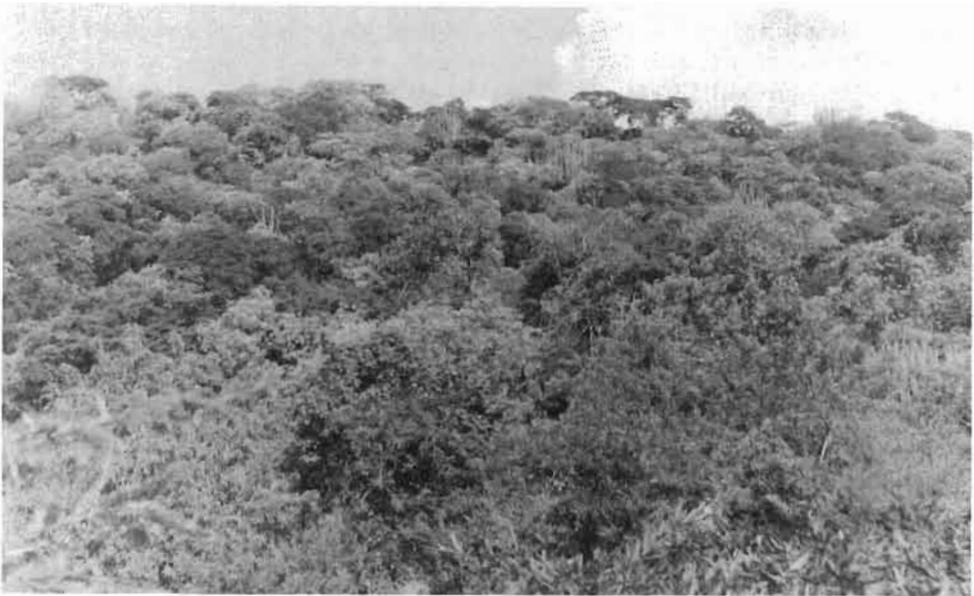


Photo 22 - Forêt tropicale caducifoliée de 5 à 6 m de hauteur avec des émergents de 8 à 9 m de hauteur (R420). Nord-Est de La Estanzuela, municipio Ixtlán, 1 570 m.

type de forêt a été soumis, dès l'époque protohistorique, à une pression anthropique qui n'a cessé de s'intensifier (voir les sections 1. et 2.2. du Chap. IV de la Première Partie et Rzedowski et Rzedowski 1987). Ces derniers considèrent que la végétation originelle du Bajío (qui inclut la dépression du Lerma) a disparu sur plus de 95% de sa superficie et que la forêt tropicale caducifoliée n'y occupe plus que de petits isolats (d'une superficie généralement inférieure à 1 km²) dont l'aire totale dans le Bajío est estimée à 20 km². Alors qu'avant l'intervention humaine elle devait couvrir une superficie de plus de 11 000 km², Rzedowski et Rzedowski (1987) écrivent: "Ce type de forêt, comme il est facile de l'observer dans de nombreuses régions du Mexique et dans d'autres parties du monde, est un des types de végétation les plus labiles. En effet, soumis à d'intenses perturbations il perd, avec une relative rapidité, son identité et se convertit en communautés secondaires assez stables. Sa régénération est en général lente et difficile, surtout là où l'action humaine a été la plus drastique et prolongée et où le pâturage et l'extraction de bois ne sont pas éliminés complètement".

Toutes ces considérations m'ont amené à réunir ces communautés végétales (des prairies aux fourrés et aux forêts basses) sous le nom de forêt tropicale caducifoliée car elles correspondent à différents stades de la série dynamique de ce groupement.

Dans l'Occident du Mexique, la forêt tropicale caducifoliée commence dans le Sud de la Basse-Californie, entre 500 et 1 000 m d'altitude (Shreve 1937) et sur le versant occidental du Nord de la Sierra Madre Occidental, entre 300 et 1 300 m, dans les États de Sonora (Gentry 1942), Chihuahua, Durango et Sinaloa (Gentry 1946b). Dans le Sud de la Sierra Madre Occidental, la forêt tropicale caducifoliée occupe de grandes superficies dans les États de Nayarit, Jalisco et Colima (Rzedowski et McVaugh 1966). Enfin, dans la dépression du río Balsas, elle constitue le type de végétation le plus étendu (voir Leavenworth 1946 et Miranda 1947). Elle est également répandue, mais peu connue, sur les côtes du Michoacán (Turner 1960), du Guerrero, du Oaxaca et de l'isthme de Tehuantepec. La forêt tropicale caducifoliée se développe aussi dans le Chiapas (Miranda 1952), dans la péninsule du Yucatán (Cabrera *et al.* 1982) et sur le versant oriental de la Sierra Madre Oriental (voir entre autres Gómez-Pompa 1977; Rzedowski 1966 et Puig 1970, 1976 et 1979)⁴¹.

2. Le biotope

Les différents stades de la série dynamique de la forêt tropicale caducifoliée se développent sur les pentes des volcans de la dépression du Lerma, sur roche mère andésitique ou, plus rarement, basaltique. Ils occupent l'étage altitudinal situé entre 1 500 et 2 000 m et des forêts assez bien conservées ont même été observées jusqu'à 2 050 m dans des ravins exposés au sud (photo 21). Cette limite altitudinale supérieure constitue le maximum atteint par ce type de végétation au Mexique, où il ne dépasse pas habituellement les 1 700 m (Rzedowski 1979).

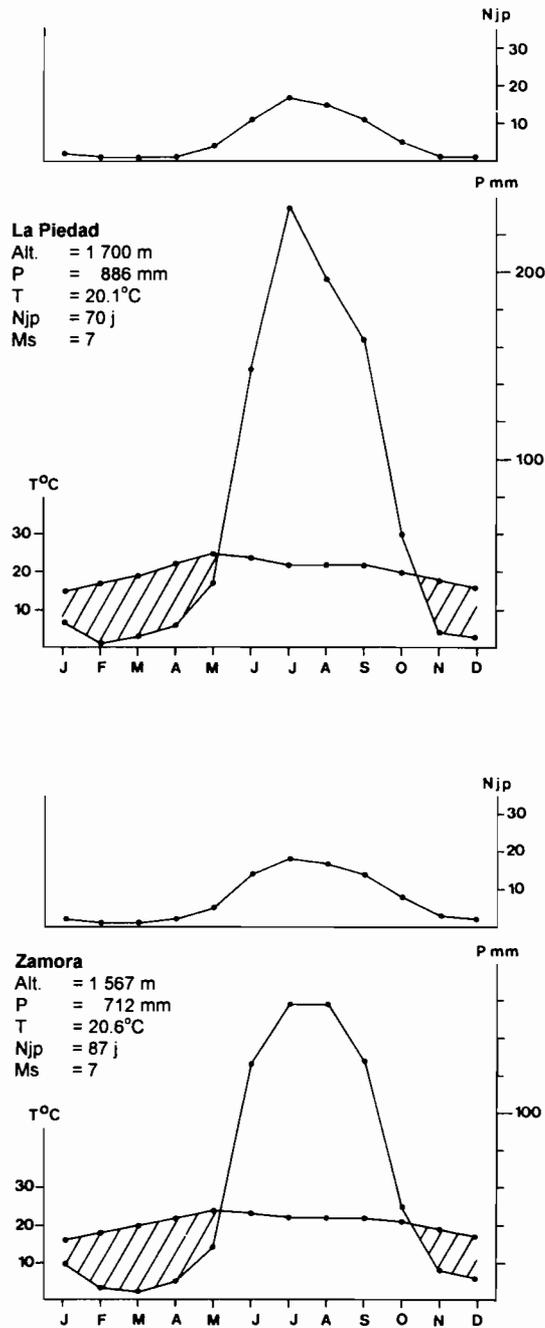


Figure 43 - Diagrammes ombrothermiques de la forêt tropicale caducifoliée.

2.1. Pédologie

Les sols de la forêt tropicale basse caducifoliée et des différents stades de sa série dynamique sont caractérisés par une évolution verticale qui est liée aux facteurs climatiques et géologiques (voir la section 2.2. du Chap. II de la Première Partie). Ce sont des sols rouges fersiallitiques tropicaux vertiques, des sols bruns eutrophes tropicaux vertiques et de véritables vertisols.

Comme nous l'avons déjà signalé, les vertisols, caractéristiques des plaines et des terrains plats ou très faiblement inclinés de la dépression du Lerma, sont presque tous utilisés en agriculture irriguée ou de temporal. La végétation naturelle y a complètement disparu.

Des sols isohumiques brunifiés tropicaux et, encore plus rarement, des andosols (sur de petits édifices volcaniques récents et isolés) peuvent également porter des stades dynamiques de cette forêt. Des lithosols en association avec les différents types de sols vertiques sont un peu plus fréquents; la végétation y est mieux conservée car ces sols sont difficilement exploitables ou du moins vite abandonnés. Si l'érosion n'a pas été trop forte, ils sont rapidement recolonisés par la végétation naturelle.

2.1.1. Sols rouges fersiallitiques tropicaux vertiques (luvisols vertiques, FAO)

Ces sols sont associés aux autres sols vertiques du Nord de la zone d'étude; ils sont en général secondaires dans ces associations pédologiques.

L'exemple décrit est un profil (point de contrôle 17, DETENAL, 1979, E14A11) situé à 1 km au sud de Villa Mendoza (municipio Tlazazalca) à 2 000 m d'altitude:

- A: 0-9 cm; pas de réaction à l'HCl; brun foncé; texture limono-argileuse; structure en blocs de petite taille, moyennement développée. Horizon ochrique.
- B: 9-100 cm; couleur brun foncé; texture limono-argileuse; structure en blocs de petite taille peu développée; accumulation de Fe/Mn et d'argile. Horizon argilique.

Le drainage interne est moyen. Tout le profil est pierreux et caractérisé par la présence de fentes de retrait.

2.1.2. Sols bruns eutrophes tropicaux vertiques (vertisols chromiques, FAO)

Leur évolution verticale n'est pas suffisante (voir la section 2.2. du Chap. II de la Première Partie) pour constituer un vertisol *sensu stricto*. Ils sont généralement limités à plus ou moins grande profondeur par une roche dure, ou par une surface indurée correspondant à un front d'érosion d'un sol antérieur et presque toujours caillouteux ou pierreux jusqu'en surface. La DETENAL analyse peu les sols de faible profondeur, couverts de végétation naturelle: le profil décrit ici est assez profond et correspond à une parcelle cultivée. L'évolution verticale des premiers est un peu moins poussée.

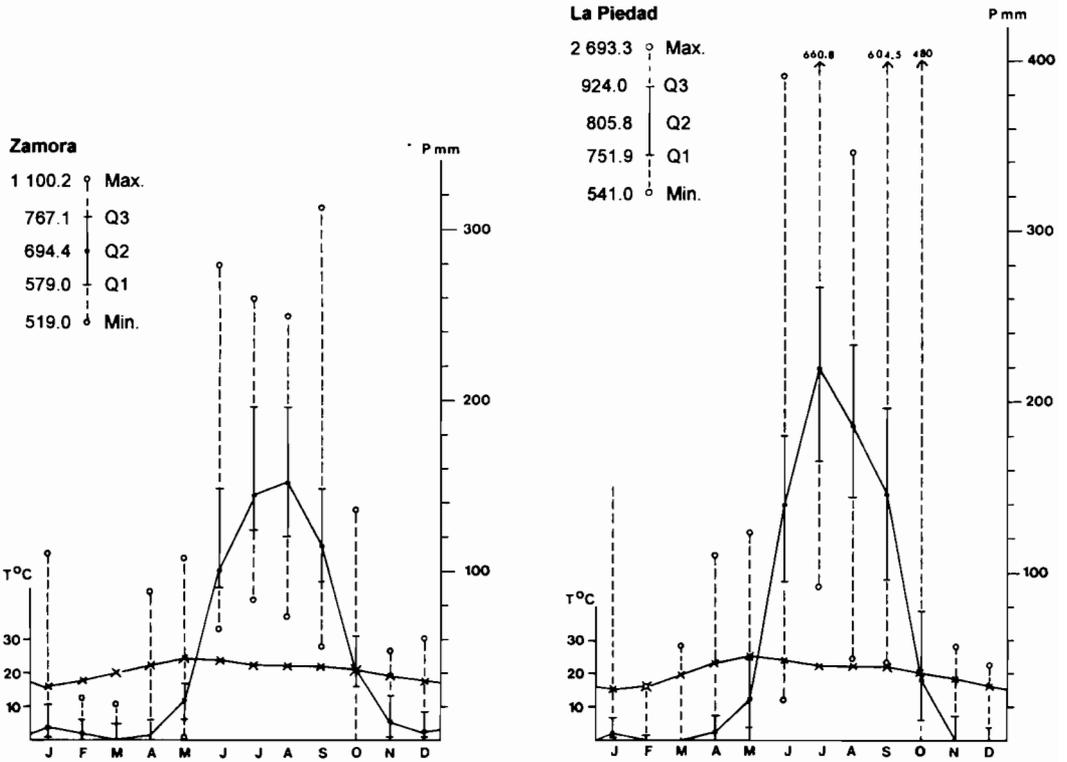


Figure 44 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt tropicale caducifoliée.

Le profil est situé à quelques centaines de mètres de San Antonio (municipio Tangancícuaro), au nord-ouest du cerro du même nom, à 1 720 m d'altitude (point de contrôle 14, DETENAL, 1982, E13B19):

- A: 0-100 cm; pas de réaction à l'HCl; couleur brun foncé à brun très foncé en profondeur; texture argileuse; structure prismatique; présence de fentes de retrait et de surfaces de friction. Horizon umbrique.
Le drainage interne est moyen.

2.1.3. Vertisols (vertisols pelliques, FAO)

Le profil décrit ici (point de contrôle 4, DETENAL, 1979, E14A11) est situé à 1.5 km au nord de Botello (municipio Panindícuaro) à 1 740 m d'altitude:

- A: 0-100 cm; pas de réaction à l'HCl; couleur brun foncé; texture argileuse; structure massive. Horizon umbrique.

2.2. Bioclimatologie

Le bioclimat de la forêt tropicale basse caducifoliée est tropical assez chaud, subsec, à saison sèche longue. Les quatre stations météorologiques disponibles ont été étudiées, mais deux seulement seront retenues ici, Zamora et La Piedad, qui présentent les paramètres climatiques les plus contrastés. La première, située le plus au sud, à la plus basse altitude, a les paramètres thermiques les plus élevés et les conditions hydriques les plus défavorables; la seconde, à l'extrême nord de la zone d'étude à une altitude supérieure, est la plus humide et la moins chaude des 4 stations⁴².

2.2.1. Les températures

La température moyenne annuelle est de 20.6°C à Zamora, où elle varie selon les années de 18.7°C à 22.2°C. Elle est de 20.1°C, à La Piedad, avec un minimum de 19.1°C et un maximum de 21.5°C.

À Zamora, janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 16.4°C (Fig. 43) selon les années, elle varie de 14.6°C à 19.1°C. Le mois le plus chaud est presque toujours mai, rarement juin, avec des moyennes de 24.0°C et 23.4°C respectivement. De mars à octobre, les températures moyennes mensuelles restent supérieures à 20°C et les moyennes mensuelles des températures minimales sont de 7.2°C en janvier et 14.9°C en juin. Les minima extrêmes enregistrés sont de -3.2°C en janvier 1955 et -1.0°C en février 1960. Selon la DGSMN (1982), il gèle en moyenne 6.7 jours par an: décembre et janvier comptent chacun entre 2 et 2.6 jours de gel, février, mars, octobre et novembre n'étant affectés que très exceptionnellement par les gelées (moins d'un jour en moyenne) et la période d'avril à septembre en étant totalement exempte. L'amplitude

VÉGÉTATION DU NORD-OUEST DU MICHOACÁN

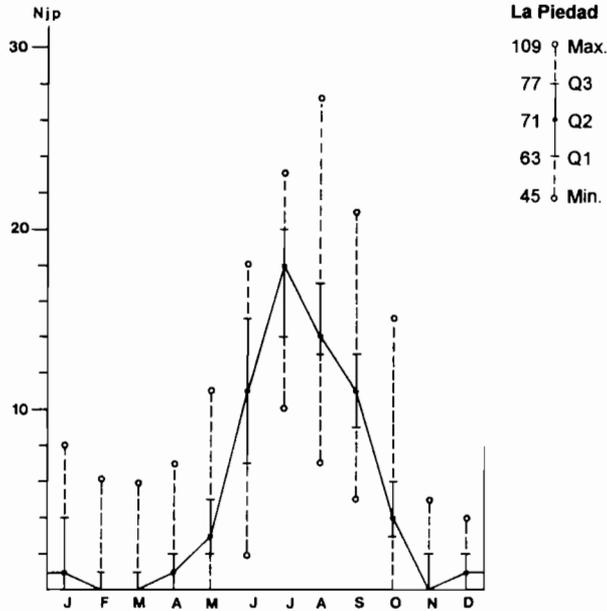
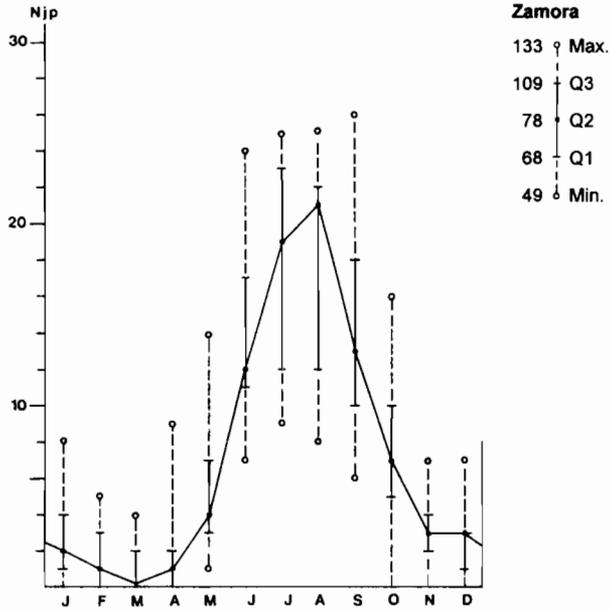


Figure 45 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt tropicale caducifoliée.

thermique annuelle moyenne est de 7.6°C. L'amplitude diurne des températures, maximale en mars avec une valeur de 21.9°C et minimale en septembre avec 16.2°C, montre une moyenne annuelle élevée: 18.9°C.

La température moyenne du mois le plus froid, janvier, est de 15.2°C (Fig. 43) à La Piedad (avec, selon les années, un minimum de 11.7°C et un maximum de 19.1°C). Le mois le plus chaud est le plus souvent mai, parfois juin et exceptionnellement avril: les températures moyennes atteignant 24.6°C en mai et 23.7°C en juin. Pour cette station, les moyennes mensuelles sont supérieures à 20°C d'avril à octobre. Les moyennes mensuelles des minima varient de 6.1°C en janvier à 15.3°C en mai, avec une moyenne annuelle de 11.6°C. Des minima extrêmes mensuels négatifs ont été enregistrés en novembre, décembre (-1.0°C) et janvier (-3.0°C). Selon la DGSMN (1982), décembre, janvier et février comptent en moyenne entre 1 et 4 jours de gel, mars, avril et novembre peuvent connaître des gelées, mais moins d'un jour par mois en moyenne, le reste de l'année en étant libre. L'amplitude thermique annuelle moyenne est assez élevée, 9.4°C, de même que l'amplitude diurne, 17.1°C, avec un maximum de 19.5°C en avril, et un minimum de 14.1°C en septembre.

2.2.2. La pluviométrie et la saison sèche

La pluviométrie moyenne annuelle atteint 712.2 mm à Zamora et 885.8 à La Piedad (voir Fig. 43). Pour l'ensemble de la forêt tropicale basse caducifoliée, on peut estimer qu'elle reste comprise entre 700 et 1 000 mm. Dans les deux stations, la saison sèche dure 7 mois en moyenne, de novembre à mai (Fig. 43), avec des variations qui peuvent la réduire à 5.

La variabilité interannuelle des précipitations peut être très élevée: c'est le cas à La Piedad (Fig. 44).

Au cœur de la saison des pluies, de juin à septembre, le rapport maximum/minimum varie à Zamora de 3.1 en juillet à 5.5 en septembre; il est bien supérieur à La Piedad: 7.1 en août et 28.4 en juin. Dans la première station, aucun de ces 4 mois n'a jamais eu $P < 2T$, ce qui n'est pas le cas de la seconde, où le minimum est inférieur à $2T$ en juin et seulement légèrement supérieur à $2T$ (moins de 50 mm) en août et septembre. Ces périodes estivales présentant des signes de sécheresse sont exceptionnelles, puisqu'on voit, dans les deux stations, Q_1 , toujours supérieur à 90 mm, rester supérieur ou égal à $4T$. À Zamora, durant cette même période, les maxima sont compris entre 248 et 313 mm, tandis qu'à la Piedad ils sont supérieurs à 340 mm et dépassent 600 mm en juillet et septembre (ces 3 dernières valeurs maximales, comme celle du mois d'octobre, ont été enregistrées en 1958, ce qui explique la pluviométrie exceptionnelle de 2 693.3 mm atteinte cette année-là).

Si la moyenne des précipitations fait d'octobre un mois sec, en réalité il ne l'est qu'une année sur deux (Fig. 44, où Q_2 est très proche de $2T$). À La Piedad, cette fin de saison des pluies est encore caractérisée par une forte variabilité des précipitations pouvant aller de 0 à 480 mm.

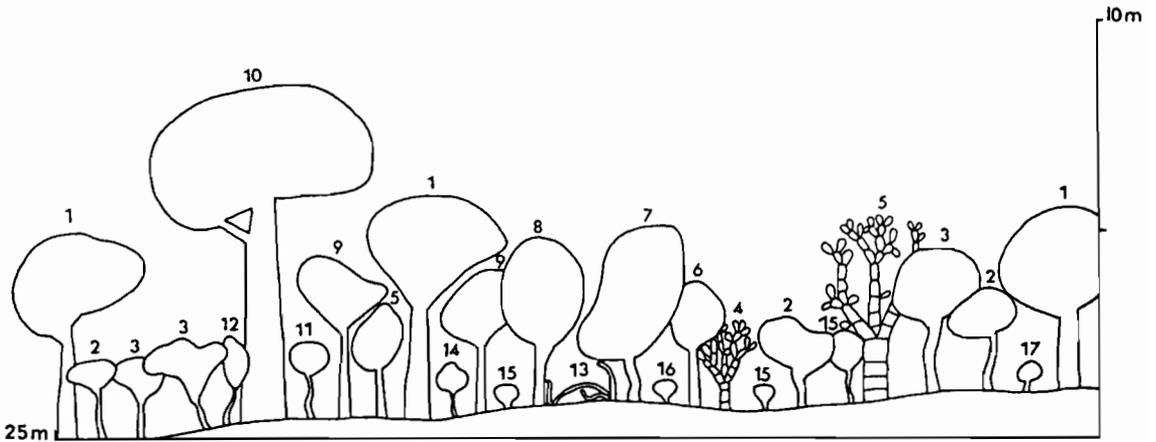


Figure 46 - Profil schématique de la forêt tropicale caducifoliée du Nord-Ouest du Michoacán. Barranca del Diablo, cerro de Zináparo, municipio Churintzio, 1 950 m (R414).

1 *Heliocarpus terebinthaceus*; 2 *Acacia pennatula*; 3 *Eysenhardtia polystachya*; 4 *Opuntia joconostle*; 5 *Opuntia cochinera*; 6 *Viguiera quinqueradiata*; 7 *Ipomoea murucoides*; 8 *Bursera cuneata*; 9 *Colubrina triflora*; 10 *Euphorbia fulva*; 11 *Acacia farnesiana*; 12 *Croton morifolius*; 13 *Nyctocereus pietatis*; 14 *Lantana camara*; 15 *Lantana hirta*; 16 *Bouvardia laevis*; 17 *Bursera fagaroides*.

Durant la saison sèche, la variabilité est équivalente dans les deux stations (Fig. 44) où pour chacun des mois de novembre à mai, Q_2 reste inférieur à $2T$. À Zamora, seul le mois de mai ne reçoit aucune précipitation plus d'une année sur deux, alors qu'à La Piedad, novembre, décembre, février et mars sont dans ce cas. Donc, à Zamora, bien qu'en moyenne les précipitations annuelles soient plus faibles, la saison sèche semble moins sévère qu'à La Piedad, ce qui est également visible si on calcule la quantité d'eau moyenne qui tombe durant la saison sèche: 71.6 mm à La Piedad contre 95.7 à Zamora soit, respectivement, 8.1 et 13.4% des précipitations moyennes annuelles de chaque station.

La moyenne annuelle du nombre de jours de pluie est de 87 à Zamora et de 70 à La Piedad (Fig. 43): tout au long de l'année, chacun des 5 paramètres statistiques a des valeurs plus élevées à Zamora qu'à La Piedad (Fig. 45) à part Q_1 en juillet et en août ainsi que les maxima et minima en août, qui sont légèrement plus forts à La Piedad qu'à Zamora.

Ainsi, la différence d'humidité apparente entre Zamora et La Piedad a sûrement peu de conséquences sur la végétation, à moins que ces conséquences soient même l'inverse de ce que pouvaient laisser prévoir les moyennes: d'une part, pendant la saison des pluies, les précipitations, supérieures à La Piedad, n'en sont pas plus efficaces, car elles sont plus torrentielles et concentrées en un nombre de jours de pluies inférieur à celui de Zamora, d'autre part, la saison sèche, à cause de la quantité de pluie et du nombre de jours concernés, paraît plus dure à La Piedad qu'à Zamora; cependant cette différence peut être atténuée par les températures, plus fraîches dans la première station.

2.2.3. Année probable

ZAMORA

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T	15.3	17.6	19.6	21.5	23.2	22.0	21.5	21.0	20.6	19.6	17.9	16.7
°C:	17.4	19.0	21.6	23.3	25.2	24.8	23.2	22.6	22.6	21.1	19.8	18.1
P	0.6	0	0	0	13.2	91.0	122	120	93.4	31.8	1.2	1.4
mm:	21.2	12.0	10.0	12.0	32.9	148	195	196	148	61.8	27.0	17.2
Njp:	1	0	0	0	3	11	12	12	10	5	2	1
	4	3	2	2	7	17	23	22	18	10	4	3
Annuel:	T:		20.0		P:	579		Njp:	68	Mois secs:		7
			21.3			667			109			7



*Photo 23 - Forêt tropicale caducifoliée; à gauche: un individu d'*Heliocarpus terebinthaceus* de la strate arborée et un émergent, *Euphorbia fulva*, avec un tronc droit et luisant avec la présence d'un latex blanc caractéristique. Barranca de Los Palos Amarillos, cerro de Zináparo, municipio Churintzio, 1 990 m.*

LA PIEDAD

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T	14.1	15.0	18.5	21.3	23.8	22.9	21.4	21.1	20.8	19.1	16.4	14.2
°C:	16.7	18.0	20.5	23.4	26.0	24.4	22.6	22.8	22.2	21.1	19.5	17.2
P	1.3	0	0	0	8.5	95.0	165	144	95.5	11.9	0	0
mm:	13.0	3.0	2.3	15.3	48.6	180	267	233	196	77.3	15.0	7.9
Njp:	0	0	0	0	2	7	14	13	9	3	0	0
	4	1	1	2	5	15	20	17	13	6	2	2
Annuel:	T:		19.6		P:	752		Njp:	63	Mois secs:		7
			20.6			925			77			8

3. Physionomie

3.1. Les forêts

Les forêts sont basses, la strate arborée atteignant entre 4 et 6-7 m de hauteur (Fig. 46 et photos 22 et 23). S'il est classique de considérer qu'un arbre mesure plus de 7 m, cette limite peut pourtant être abaissée jusqu'à 4 m dans le cas d'un port arboré caractéristique et d'un tronc bien défini et droit. Pour citer un exemple, prenons un individu adulte d'*Heliocarpus terebinthaceus*: il mesure de 4 à 6 m de haut, possède un tronc droit de 2 à 3 m de hauteur, sans ramification, avec un DBH compris entre 15 et 30 cm (photo 23).

Des émergents, de 8 à 10 m de hauteur (Fig. 46), restent isolés et ne constituent pas une strate continue (photos 22 et 23).

Une strate arbustive, de 1 à 2 m de haut, plus ou moins dense, parfois même discontinue, est toujours présente.

Quant à la strate herbacée, elle atteint 60 cm de haut. Elle est assez claire à cause, d'une part, de la faible quantité de lumière pénétrant dans le sous-bois et, d'autre part, de l'abondance à la surface du sol de pierres et même de gros rochers. Au niveau des trouées dans les strates supérieures, la lumière pénètre suffisamment pour permettre le développement d'une couverture herbacée plus dense.

Les lianes ligneuses et les épiphytes sont peu abondants, mais les plantes grimpanes herbacées, ou ligneuses seulement à la base, sont beaucoup plus fréquentes et peuvent même envahir certains arbres.

3.2. Les fourrés

Les fourrés secondaires anthropiques ont des physionomies très variées, avec de nombreux stades intermédiaires entre le fourré clair (photo 24), ou même la prairie arbustive (photo 25) et la forêt, en passant par les fourrés hauts et denses (photo 26).

La strate arbustive, plus ou moins fermée, mesure 2 à 4 m de haut même si quelques

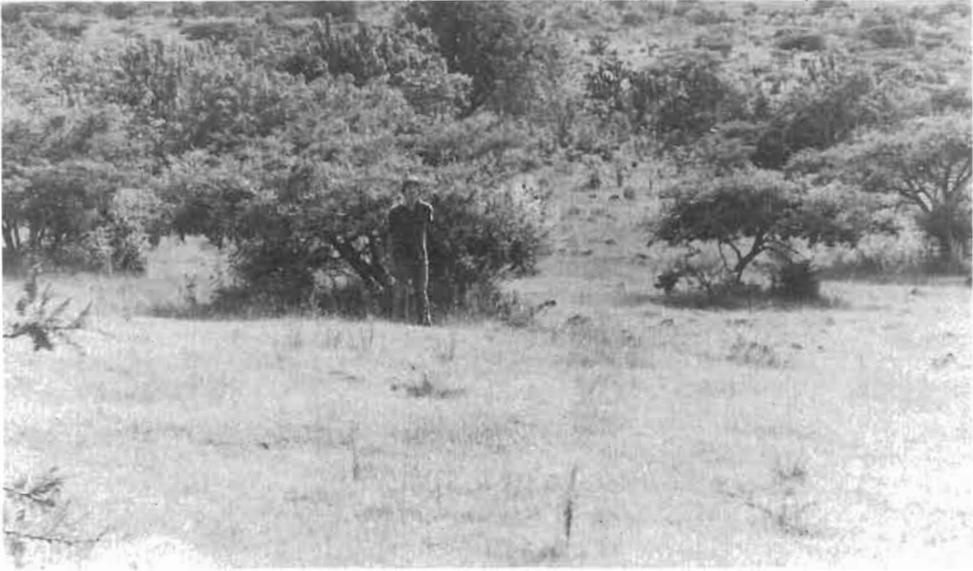


Photo 24 - Fourré clair dominé par Acacia pennatula et Ipomoea murucoides. Cerro La Cantera, municipio Panindícuaro, 1 900 m.



Photo 25 - Prairie arbustive avec Acacia spp. Cerro La Cantera, municipio Panindícuaro, 1 950 m.

individus peuvent atteindre 5 à 6 m de haut. Certains ont un port arboré, mais la plupart d'entre eux gardent un port arbustif caractéristique: ce sont des individus au tronc frêle et court ou multicaules (*Acacia* spp., *Eysenhardtia polystachya*, *Mimosa rhodocarpa*..., photo 27) ou trapus, tortueux et ramifiés près de la base (comme par exemple *Ipomoea murucoides*, photo 28).

La strate herbacée, jaune en saison sèche, est dense dans les zones dégagées et plus claire à l'ombre des touffes arbustives, avec une composition floristique différente. Cette strate herbacée reste basse (20-30 cm) dans les zones parcourues par le bétail, mais elle peut atteindre jusqu'à 1 m de hauteur en l'absence de tout pâturage.

Toutes ces communautés sont caducifoliées 5 mois par an, en pleine saison sèche, de janvier à mai, exceptées quelques espèces, presque exclusivement des Cactaceae, qui restent toujours vertes.

Dans les forêts, comme dans les fourrés, les feuilles composées et les feuilles simples sont pratiquement aussi abondantes, tant qualitativement (nombre d'espèces) que quantitativement (indice de valeur d'importance).

Les Cactaceae sont plus importantes (IVI = 15% en moyenne) et plus diversifiées (7 espèces sur 32 présentes dans les relevés, soit un peu plus de 20%) dans les forêts échantillonnées que dans les fourrés (IVI moyen de 5% avec 4 espèces sur 35, soit à peine plus de 10%). Ces différences ne résultent pas de la dynamique générale de la forêt tropicale caducifoliée, mais de la nature du sol, les forêts actuelles étant cantonnées aux sols squelettiques qui favorisent les *Opuntia* et *Stenocereus*.

Les nombres relatifs d'espèces leptophylles ou nanophylles, équivalents dans les fourrés et dans les forêts, sont de l'ordre de 30%. Quantitativement elles sont plus importantes dans les premiers que dans les secondes (elles totalisent des IVI moyens de 40 et 30% respectivement). Les espèces à feuilles de plus grande taille sont majoritaires dans les forêts comme dans les fourrés (IVI proche de 55% dans les deux cas et nombre relatif d'espèces de 50 à 60%).

Dans la strate herbacée, les floraisons commencent dès le début de la saison des pluies, en juin-juillet, mais sont le plus abondantes en septembre et octobre. Les rythmes de floraison et de fructification des espèces arborées et arbustives sont variés: certaines espèces, comme *Acacia* spp., qui ont une floraison précoce, dans la deuxième moitié de la saison sèche, au moment de la reprise de l'activité végétative, fructifient pendant la saison des pluies, mais la majorité d'entre elles fleurissent au début ou au cours de la saison des pluies, ce qui correspond au début ou au milieu de la période végétative, enfin quelques autres, comme *Ipomoea murucoides*, fleurissent au moment de la chute des feuilles, au début de la saison sèche.



Photo 26 - Fourré dense de 4 à 5 m de haut dominé par Lysiloma microphyllum (R422). Barranca de los Guayabos, Chaparaco, municipio Zamora, 1 670 m.

4. Floristique

4.1. Composition floristique

4.1.1. Les forêts

Les espèces suivantes, qui ont en général un port arboré, même si quelques individus peuvent avoir un port arbustif, sont les espèces les plus abondantes et les plus fréquentes dans la strate arborée de la forêt tropicale caducifoliée:

<i>Acacia pennatula</i>	<i>Ipomoea murucoides</i>
<i>Bursera cuneata</i>	<i>Viguiera quinqueradiata</i>
<i>Heliocarpus terebinthaceus</i>	

Cette strate est également composée par:

<i>Agonandra racemosa</i>	<i>Fraxinus uhdei</i>
<i>Albizia plurijuga*</i>	<i>Lysiloma acapulcense*</i>
<i>Bernardia mexicana</i>	<i>L. microphyllum</i>
<i>Bursera bipinnata</i>	<i>Manihot caudata</i>
<i>B. palmeri</i>	<i>Mimosa rhodocarpa</i>
<i>Calliandra formosa</i>	<i>Myriocarpa brachystachys</i>
<i>Cedrela dugesii*</i>	<i>Opuntia chavenia</i>
<i>Ceiba aesculifolia*</i>	<i>O. cochineria</i>
<i>Celtis caudata</i>	<i>O. icterica</i>
<i>Colubrina triflora</i>	<i>O. nigrita</i>
<i>Conzattia multiflora*</i>	<i>O. streptacantha</i>
<i>Ehretia latifolia</i>	<i>Pistacia mexicana</i>
<i>Euphorbia fulva*</i>	<i>Stenocereus queretaroensis</i>
<i>Ficus cotinifolia*</i>	

Les espèces suivies du signe * peuvent être émergentes.

La strate arbustive peut être dominée par une ou plusieurs des espèces que voici:

<i>Bouvardia cordifolia</i>	<i>Lasiacis nigra</i>
<i>B. laevis</i>	<i>Mandevilla foliosa</i>
<i>Euphorbia cf. colletioides</i>	<i>Salvia breviflora</i>
<i>Lantana hirta</i>	

Les arbustes suivants sont plus rares:

<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Baccharis salicifolia</i>
<i>Aralia humilis</i>	<i>Bunchosia palmeri</i>



Photo 27 - Acacia pennatula de 5 m de hauteur dans un fourré clair, après 25 ans d'abandon cultural. El Potrero Largo, Sanguijuelas, municipio Churintzio, 1 870 m.



Photo 28 - Ipomoea murucoides de 6 m de hauteur dans un fourré clair, après 25 ans d'abandon cultural. El Potrero Largo, Sanguijuelas, municipio Churintzio, 1 870 m.

<i>Bursera fagaroides</i>	<i>E. polystachya</i>
<i>Calliandra</i> sp.	<i>Lantana camara</i>
<i>Croton draco</i>	<i>Montanoa</i> sp.
<i>C. morifolius</i>	<i>Opuntia joconostle</i>
<i>Desmodium</i> sp.3	<i>Porophyllum viridiflorum</i>
<i>Erythrina</i> cf. <i>coralloides</i>	<i>Randia thurberi</i>
<i>Euphorbia calyculata</i>	<i>Viguiera sphaerocephala</i>
<i>Eysenhardtia platycarpa</i>	<i>Zanthoxylum affine</i>

La strate herbacée est composée d'espèces que l'on peut classer selon leur degré de couverture. Deux espèces ont un degré de couverture supérieur à 50%: *Delilia biflora* et *Oplismenus burmannii*.

Tandis qu'il est de 25 à 50% pour six autres:

<i>Heterosperma pinnatum</i>	<i>Setaria latifolia</i>
<i>Rhynchelytrum roseum</i>	<i>Sporobolus atrovirens</i>
<i>Salvia</i> cf. <i>leptostachys</i>	<i>Trigonospermum annuum</i>

Certaines espèces sont abondantes mais avec une couverture faible:

<i>Acalypha</i> aff. <i>indica</i>	<i>Justicia salviiflora</i>
<i>Bommeria pedata</i>	<i>Mitracarpus villosus</i>
<i>Cheilanthes</i> aff. <i>pyramidalis</i> var. <i>pyramidalis</i>	<i>Pellaea cordifolia</i>
<i>Elytraria imbricata</i>	<i>P. seemannii</i>
<i>Euphorbia ocymoidea</i>	<i>Peperomia campylotropa</i>
<i>Jaltomata procumbens</i>	<i>Pilea microphylla</i>

La liste la plus longue est constituée d'espèces peu abondantes et rares:

<i>Acalypha alopecuroidea</i>	<i>Dahlia coccinea</i>
<i>Adiantum concinnum</i>	<i>Euphorbia dentata</i> var. <i>dentata</i>
<i>Anoda cristata</i>	<i>E. radians</i>
<i>Ayenia berlandieri</i>	<i>Galinsoga parviflora</i>
<i>Begonia gracilis</i>	<i>Gomphrena decumbens</i>
<i>Carminatia tenuiflora</i>	JNL 1821
<i>Commelina coelestis</i> var. <i>bourgeaui</i>	JNL 1848
<i>C. cf. coelestis</i> var. <i>coelestis</i>	<i>Jacobinia mexicana</i>
<i>Cuphea ferrisiae</i> var. <i>rosea</i>	<i>Leptochloa dubia</i>
<i>C. llavea</i> var. <i>llavea</i>	<i>Melampodium longipilum</i>
<i>Cyperus esculentus</i>	<i>Notholaena aurea</i>
<i>C. seslerioides</i>	<i>Nyctocereus pietatis</i>

<i>Panicum lepidulum</i>	<i>Spermacoce confusa</i>
<i>Plumbago pulchella</i>	<i>Tetramerium hispidum</i>
<i>Setaria geniculata</i>	<i>Thalictrum peltatum</i>
<i>Sida abutilifolia</i>	<i>Tradescantia crassifolia</i>
<i>Solanum cardiophyllum</i> var. <i>cardiophyllum</i>	<i>Woodsia mollis</i>
<i>S. aff. verrucosum</i>	<i>Zinnia peruviana</i>

Les lianes et autres herbacées grimpantes sont:

<i>Ampelocissus acapulcensis</i>	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
<i>Bomarea hirtella</i>	<i>Matelea chrysantha</i>
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	<i>M. macvaughiana</i>
<i>Cissus sicyoides</i>	<i>Nissolia microptera</i>
<i>Cynanchum foetidum</i>	<i>Pachyrrhizus erosus</i>
<i>Dioscorea conzattii</i>	<i>Passiflora bryonioides</i>
<i>D. dugesii</i>	<i>Quamoclit gracilis</i>
<i>D. nelsonii</i>	<i>Sarcostemma cf. clausum</i>
<i>Gaudichaudia mucronata</i>	<i>S. elegans</i>
<i>Gonolobus uniflorus</i>	<i>S. pannosum</i>
<i>Ipomoea</i> sp.	<i>Serjania racemosa</i>
JNL 1839	

4.1.2. Prairies et fourrés

Il faut signaler que quasi toutes les espèces herbacées des forêts sont également présentes dans les fourrés. En effet, les espèces sciaphiles caractéristiques du sous-bois s'installent dans les fourrés et même dans les prairies arbustives, leur distribution restant bien délimitée, à l'abri des touffes arbustives assez denses, en particulier de celles que forme *Ipomoea murucoides*. Dans ces micro-habitats, la composition floristique et l'abondance des espèces herbacées se rapprochent de celles qu'on observe dans les forêts.

Dans la strate arbustive des fourrés secondaires, les espèces suivantes peuvent être localement dominantes:

<i>Acacia pennatula</i>	<i>Lysiloma microphyllum</i>
<i>Bursera fagaroides</i>	<i>Mimosa rhodocarpa</i>
<i>Croton</i> cf. <i>cladotrichus</i>	<i>Opuntia streptacantha</i>
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	<i>Randia canescens</i>
<i>Heliocarpus terebinthaceus</i>	<i>Zanthoxylum affine</i>
<i>Ipomoea murucoides</i>	

Cette strate est également constituée par:

<i>Acacia angustissima</i>	<i>Opuntia amyclaea</i>
<i>A. farnesiana</i>	<i>O. cf. matudae</i>
<i>A. schaffneri</i>	<i>O. chavenia</i>
<i>Agonandra racemosa</i>	<i>O. fuliginosa</i>
<i>Aralia humilis</i>	<i>O. icterica</i>
<i>Asterohyptis stellulata</i>	<i>O. jaliscana</i>
<i>Bunchosia palmeri</i>	<i>O. joconostle</i>
<i>Bursera bipinnata</i>	<i>O. lasiacantha</i>
<i>B. bipinnata</i> x	<i>O. lindheimeri</i>
<i>B. cuneata</i>	<i>O. megacantha</i>
<i>B. palmeri</i>	<i>O. nigrita</i>
<i>B. penicillata</i>	<i>O. sarca</i>
<i>Ceanothus coeruleus</i>	<i>O. sp.1</i>
<i>Celtis caudata</i>	<i>O. tomentosa</i> var.
<i>Cordia oaxacana</i>	<i>tomentosa</i>
<i>Croton calvoscens</i>	<i>Pereskiaopsis diguetii</i>
<i>C. ciliato-glandulosus</i>	<i>Pisoniella arborescens</i>
<i>Diphysa suberosa</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Porophyllum viridiflorum</i>
<i>Erigeron karvinskianus</i>	<i>Prosopis laevigata</i>
<i>Erythrina</i> cf. <i>coralloides</i>	<i>Quercus castanea</i>
<i>Euphorbia calyculata</i>	<i>Q. crassipes</i>
<i>Eysenhardtia platycarpa</i>	<i>Q. laeta</i>
<i>Forestiera phillyreoides</i>	<i>Q. obtusata</i>
<i>Heimia salicifolia</i>	<i>Q. rugosa</i>
<i>Hyptis albida</i>	<i>Q. sideroxylla</i>
JNL 1824	<i>Randia thurberi</i>
<i>Jatropha dioica</i>	<i>Rhus trilobata</i>
<i>Lantana camara</i>	<i>Rhyssolepis palmeri</i>
<i>Lasianthaea fruticosa</i> var.	<i>Salvia breviflora</i>
<i>michoacana</i>	<i>Senecio praecox</i>
<i>L. aff. helianthoides</i>	<i>S. salignus</i>
<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Solanum madreense</i>
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	<i>Stenocereus queretaroensis</i>
<i>M. albida</i>	<i>Tecoma stans</i>
<i>M. benthamii</i>	<i>Triumfetta</i> cf. <i>semitriloba</i>
<i>Monnina xalapensis</i>	<i>Verbesina sphaerocephala</i>
<i>Montanoa bipinnatifida</i>	<i>Viguiera quinqueradiata</i>
<i>Odontotrichum sinuatum</i>	<i>Ximenia parviflora</i>

Certaines espèces ne se développent que dans les zones écotonales avec d'autres

groupements végétaux, comme *Quercus* spp. ou *Verbesina sphaerocephala* avec la forêt de chênes et *Pithecellobium dulce*, *Prosopis laevigata* ou *Acacia schaffneri* avec la forêt épineuse (mezquital).

La strate herbacée est constituée par des espèces dont la couverture est variée; voici d'abord celles qui peuvent atteindre un degré de couverture supérieur à 50%:

<i>Acalypha subterranea</i>	<i>Melampodium divaricatum</i>
<i>Aldama dentata</i>	<i>M. sericeum</i>
<i>Bidens pilosa</i>	<i>Schkuhria pinnata</i> var.
<i>Bouteloua radicata</i>	<i>guatemalensis</i>
<i>Brachiaria plantaginea</i>	<i>Simsia amplexicaulis</i>
<i>Hilaria ciliata</i>	<i>Tridax coronopifolia</i>
JNL 1636	<i>Zinnia haageana</i>
JNL 1797	

La couverture des espèces suivantes est de 25 à 50%:

<i>Acourtia reticulata</i>	<i>Galeana pratensis</i>
<i>Aeschynomene americana</i> var. <i>flabellata</i>	<i>Gongylocarpus rubricaulis</i>
<i>Asclepias linaria</i>	<i>Heteropogon melanocarpus</i>
<i>Bouteloua hirsuta</i>	JNL 1640
<i>Bulbostylis funckii</i>	<i>Lythrum album</i>
<i>Chamaecrista nictitans</i> var.	<i>Muhlenbergia rigida</i>
<i>jaliscensis</i>	<i>Rhynchelytrum roseum</i>
<i>Chamaesyce serpens</i>	<i>Ruellia lactea</i>
<i>Crotalaria pumila</i>	<i>Salvia leptostachys</i>
<i>Crusea hispida</i> var. <i>hispida</i>	<i>S. reptans</i>
<i>Cyperus esculentus</i>	<i>Setaria geniculata</i>
<i>Dalea foliolosa</i>	<i>Sporobolus atrovirens</i>
<i>Desmanthus pumilus</i>	<i>Stevia ovata</i>
<i>Diphysa sennoides</i>	<i>S. viscida</i>
<i>Drymaria villosa</i>	<i>Viguiera excelsa</i>
<i>Eragrostis mexicana</i>	

D'autres espèces sont abondantes, mais avec une couverture faible:

<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>C. dianthifolia</i>
<i>Anoda crenatiflora</i>	<i>Crotalaria rotundifolia</i>
<i>Bothriochloa barbinodis</i>	<i>C. sagittalis</i>
<i>Bouchea prismatica</i>	<i>Cuphea wrightii</i> var. <i>wrightii</i>
<i>Chamaesyce hirta</i>	<i>Cyperus incompletus</i>
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	<i>Desmodium neomexicanum</i>
<i>Commelina coelestis</i> var. <i>bourgeau</i>	<i>D. tortuosum</i>

<i>Dioscorea multinervis</i>	<i>Oxalis hernandezii</i>
<i>Drymaria cordata</i>	<i>Panicum decolorans</i>
<i>Dyssodia taetiflora</i>	<i>Paspalum convexum</i>
<i>Echinochloa colonum</i>	<i>P. distichum</i>
<i>Euphorbia dentata</i> var. <i>dentata</i>	<i>P. lentiginosum</i>
<i>Florestina pedata</i>	<i>Sida rhombifolia</i>
<i>Gomphrena decumbens</i>	<i>Spilanthus alba</i>
<i>Heliopsis annua</i>	<i>Tagetes filifolia</i>
<i>Hyptis urticoides</i>	<i>T. subulata</i>
JNL 1840	<i>Tripogandra purpurascens</i> ssp.
JNL 1843	<i>purpurascens</i>

La longue liste qui suit est celle des espèces peu abondantes ou rares:

<i>Abildgaardia mexicana</i>	<i>Castilleja tenuiflora</i>
<i>Abutilon hypoleucum</i>	<i>Centaurium quitense</i>
<i>Acalypha indica</i> var. <i>mexicana</i>	<i>Chamaesyce dioica</i>
<i>Acourtia platyphylla</i>	<i>Chamaesyce hypericifolia</i>
<i>Aegopogon tenellus</i>	<i>Chloris virgata</i>
<i>Aeschynomene villosa</i>	<i>Commelina diffusa</i>
<i>Ageratum corymbosum</i>	<i>C. elegans</i>
<i>Ammania auriculata</i>	<i>C. sp.</i>
<i>Arenaria lanuginosa</i>	<i>Conyza sophiifolia</i>
<i>Aristida appresa</i>	<i>Cracca caribaea</i>
<i>Asclepias curassavica</i>	<i>Croton adspersus</i>
<i>A. glaucescens</i>	<i>Crusea megalocarpa</i>
<i>A. ovata</i>	<i>C. setosa</i>
<i>Aster subulatus</i>	<i>Cuphea calcarata</i>
<i>Asterohyptis mociniana</i>	<i>C. toluhana</i>
<i>Baccharis pteronioides</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Bacopa procumbens</i>	<i>Cynoglossum pringlei</i>
<i>Begonia balmisiana</i>	<i>Cyperus huarmensis</i>
<i>Boerhavia coccinea</i>	<i>C. manimae</i>
<i>Bonplandia geminiflora</i>	<i>C. ochraceus</i>
<i>Borreria suaveolens</i>	<i>Dalea leporina</i>
<i>Bouteloua curtipendula</i> var. <i>tenuis</i>	<i>D. obovatifolia</i> var. <i>uncifera</i>
<i>Bouvardia multiflora</i>	<i>D. sp.1</i>
<i>Brassica campestris</i>	<i>Desmodium procumbens</i> var. <i>procumbens</i>
<i>Bravoa geminiflora</i>	<i>D. sp.1</i>
<i>Brickellia monocephala</i>	<i>D. sp.2</i>
<i>Brongniartia</i> aff. <i>lupinoides</i>	<i>Dicliptera peduncularis</i>
<i>Calochortus barbatus</i>	<i>Digitaria</i> cf. <i>leucocoma</i>
<i>C. venustus</i>	<i>Donnellsmithia juncea</i>

<i>Dyschoriste microphylla</i>	JNL 1749
<i>Dyssodia porophyllum</i>	JNL 1767
<i>Echeandia macrocarpa</i>	JNL 1771
<i>Echinochloa crusgalli</i>	JNL 1793
<i>Eclipta prostrata</i>	JNL 1803
<i>Eleocharis montevidensis</i>	<i>Jussiaea bonariensis</i>
<i>Erigeron delphinifolius</i>	<i>Justicia furcata</i>
<i>E. velutipes</i>	<i>Lasianthaea aurea</i>
<i>Eriochloa acuminata</i>	<i>Lobelia fenestralis</i>
<i>Eryngium carlinae</i>	<i>Loeselia mexicana</i>
<i>E. heterophyllum</i>	<i>Lopezia racemosa</i>
<i>E. sp.</i>	<i>Lythrum gracile</i>
<i>Erythrina lepthorhiza</i>	<i>Machaeranthera brevilingulata</i>
<i>Escobedia aff. peduncularis</i>	<i>Macromeria cf. pringlei</i>
<i>Eupatorium sp.4</i>	<i>Malaxis carnosus</i>
<i>Euphorbia graminea</i>	<i>Malvastrum bicuspidatum ssp.</i>
<i>E. heterophylla var. heterophylla</i>	<i>campanulatum</i>
<i>Evolvulus alsinoides</i>	<i>Malvastrum coromandelianum</i>
<i>Fimbristylis spadicea</i>	<i>Manfreda brachystachya</i>
<i>Gaura hexandra ssp. hexandra</i>	<i>Manihot angustiloba</i>
<i>Gibasis pulchella</i>	<i>Margaranthus solanaceus</i>
<i>Gnaphalium semimplexicaule</i>	<i>Melochia pyramidata</i>
<i>G. sp.1</i>	<i>Mentzelia dispersa</i>
<i>Grindelia inuloides</i>	<i>M. sp.</i>
<i>var. inuloides</i>	<i>Milla biflora</i>
<i>Guardiola mexicana</i>	<i>Millieria quinqueflora</i>
<i>Halimolobos berlandieri</i>	<i>Mirabilis jalapa</i>
<i>Heliotropium pringlei</i>	<i>Mitracarpus breviflorus</i>
<i>Herissantia crispa</i>	<i>Nemastylis tenuis</i>
<i>Hybanthus sp.</i>	<i>Odontotrichum palmeri</i>
<i>Hypoxis mexicana</i>	<i>Oenothera rosea</i>
<i>H. sp.</i>	<i>O. tetraptera</i>
<i>Indigofera densiflora</i>	<i>Ophioglossum engelmannii</i>
<i>Ipomoea capillacea</i>	<i>Osmorrhiza mexicana</i>
<i>I. hartwegii</i>	<i>Oxalis cf. jacquiniana</i>
<i>I. stans</i>	<i>O. decaphylla</i>
<i>Iresine sp.1</i>	<i>Paspalum arsenei</i>
<i>Ixophorus unisetus</i>	<i>P. botterii</i>
JNL 294	<i>P. lividum</i>
JNL 1653	<i>Pectis prostrata</i>
JNL 1689	<i>Pereskiaopsis aquosa</i>
JNL 1696	<i>Pericalia sessilifolia</i>
JNL 1747	<i>Pteriptera punicea</i>

<i>Physalis orizabae</i>	<i>Stachys agraria</i>
<i>P. sulphurea</i>	<i>Stemodia durantifolia</i>
<i>Plumbago scandens</i>	<i>S. sp.</i>
<i>Polygala berlandieri</i>	<i>Stevia lucida</i>
<i>Polygonum punctatum</i> var. <i>eciliatum</i>	<i>S. serrata</i>
<i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephalum</i>	<i>Tagetes lucida</i>
<i>Priva mexicana</i>	<i>T. tenuifolia</i>
<i>Proboscidea louisianica</i> ssp. <i>fragrans</i>	<i>Talinum paniculatum</i>
<i>Rorippa pinnata</i>	<i>T. tuberosum</i>
<i>Ruellia albiflora</i>	<i>Tephrosia sinapou</i>
<i>Rumex</i> sp.	<i>Thyrsanthemum floribundum</i>
<i>Salvia amarissima</i>	<i>Tinantia erecta</i>
<i>S. cf. polystachya</i>	<i>Tithonia rotundifolia</i>
<i>S. hirsuta</i>	<i>Trachypogon montufari</i>
<i>S. mexicana</i>	<i>Trifolium amabile</i>
<i>S. polystachya</i>	<i>Tripogandra</i> aff. <i>floribunda</i>
<i>S. rhyacophylla</i>	<i>T. amplexicaulis</i>
<i>Setaria longipila</i>	<i>Verbena bipinnatifida</i>
<i>Sida barcleyi</i>	<i>V. elegans</i>
<i>S. cf. rzedowskii</i>	<i>V. menthaefolia</i>
<i>S. glutinosa</i>	<i>V. recta</i>
<i>S. sp.</i>	<i>Verbesina</i> sp.
<i>Sisyrinchium convolutum</i>	<i>V. stricta</i>
<i>Solanum nigrescens</i>	<i>V. tetraptera</i>
<i>S. pinnatisectum</i>	<i>Vernonia alamanii</i>
<i>Sorghum bicolor</i>	<i>V. sp.</i>
<i>Spiranthes aurantiaca</i>	<i>Viguiera</i> cf. <i>hypochlora</i>
<i>S. cinnabarina</i>	<i>V. linearis</i>
<i>S. sp.</i>	<i>Wissadula amplissima</i>
	<i>Zinnia americana</i>
	<i>Z. purpusii</i>
	<i>Zornia thymifolia</i>

Les plantes herbacées grimpantes et les lianes ligneuses sont nombreuses et peuvent être localement abondantes:

<i>Bomarea hirtella</i>	<i>Cynanchum foetidum</i>
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	<i>Desmodium uncinatum</i>
<i>Cissus sicyoides</i>	<i>Dioscorea</i> sp.2
<i>Cucurbita</i> aff. <i>pepo</i>	<i>D. sp.3</i>
<i>C. radicans</i>	<i>Gaudichaudia mucronata</i>
<i>Cyclanthera dissecta</i>	<i>Gonolobus uniflorus</i>
<i>C. tamnoides</i>	<i>Ipomoea</i> cf. <i>trichocarpa</i>

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	97	19.4
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	15	5.8	1	0.2
2. Surtout tempérée	8	3.1	0	0.0
3. Surtout américaine	5	1.9	0	0.0
4. Surtout tropicale	11	4.3	2	0.4
5. Surtout néotropical	7	2.7	4	0.8
SOUS-TOTAL	46	17.9	7	1.4
FLORE AMÉRICAINE				
6. Américaine	19	7.4	6	1.2
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	51	19.8	14	2.8
8. Surtout américaine	16	6.2	2	0.4
9. Surtout africaine	5	1.9	1	0.2
10. Surtout asiatique	2	0.8	0	0.0
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	6	2.3	1	0.2
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	3	1.2	0	0.0
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropical	54	21.0	51	10.2
14. Andine	2	0.8	14	2.8
15. Caraïbéenne	4	1.6	13	2.6
16. Mésoaméricaine de basse altitude	15	5.8	68	13.6
17. Mésoaméricaine de montagne	9	3.5	27	5.4
FLORE ENDEMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	6	2.3	16	3.2
19. Mexique occidental	1	0.4	40	8.0
20. Sud du Mexique	0	0.0	8	1.6
21. Centre du Mexique	0	0.0	41	8.2
22. Nord du Mexique	0	0.0	7	1.4
SOUS-TOTAL	174	67.7	303	60.6
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	1	0.4	0	0.0
24. De large distribution mais surtout américaine	0	0.0	0	0.0
25. De large distribution mais surtout eurasienn	1	0.4	1	0.2
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	0	0.0	0	0.0
27. Circumboréale	0	0.0	0	0.0
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	4	1.6	0	0.0
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	1	0.4	0	0.0
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	0	0.0	0	0.0
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINE				
31. Nord-américaine	5	1.9	3	0.6
32. Commune Mexique et États-Unis	2	0.8	1	0.2
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.0	2	0.4
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	2	0.8	17	3.4
35. Commune Mexique et Amérique centrale	1	0.4	10	2.0
FLORE ENDEMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	0	0.0	7	1.4
37. Nord du Mexique	0	0.0	3	0.6
38. Centre du Mexique	0	0.0	4	0.8
39. Mexique occidental	0	0.0	4	0.8
40. Sud du Mexique	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	17	6.6	52	10.4
FLORE ENDEMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	1	0.4	25	5.0
42. Mexique	0	0.0	10	2.0
SOUS-TOTAL	1	0.4	35	7.0
TOTAL	257	100.0	500	100.0

Tableau 25 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt tropicale caducifoliée selon les types de distribution (voir la section 2.2. du Chap. V de la Première Partie).

<i>I. decasperma</i>	<i>Phaseolus acutifolius</i> var.
<i>I. purpurea</i>	<i>acutifolius</i>
<i>I. tyrianthina</i>	<i>P. leptostachyus</i>
JNL 1028	<i>P. microcarpus</i>
JNL 1268	<i>Quamoclit gracilis</i>
JNL 1728	<i>Rhus radicans</i>
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	<i>Sarcostemma</i> cf. <i>clausum</i>
<i>Matelea chrysantha</i>	<i>S. elegans</i>
<i>M. macvaughiana</i>	<i>S. pannosum</i>
<i>M. sp.</i>	<i>Schizocarpum parviflorum</i>
<i>Nissolia microptera</i>	<i>S. sp.</i>
<i>Passiflora bryonioides</i>	<i>Serjania racemosa</i>
<i>P. foetida</i>	

Les épiphytes sont représentés par les espèces autotrophes: *Tillandsia achrostachys*, *T. fasciculata* et *T. recurvata* et par les parasites: *Phoradendron carneum*, *Psittacanthus calyculatus* et *P. sonora*.

4.2. Affinités floristiques

Les taxons d'affinités tropicales dominants représentent 60.6% des espèces et 67.7% des genres. Les taxons tempérés sont rares: 6.6% des genres et 10.4% des espèces (Tab. 25). Les genres cosmopolites et subcosmopolites et les genres pan-américains atteignent des proportions respectives de 17.9 et 7.4%, alors qu'un seul genre est endémique de la zone aride. Par contre, au niveau des espèces, moins de 1.4% d'entre elles sont cosmopolites ou subcosmopolites et 1.2% pan-américaines, alors que 7% sont endémiques des régions arides nord-américaines.

Au niveau générique, deux types de distribution, d'égale importance, pantropicale (7) et pan-néotropicale (13), regroupent 40.8% des genres (Tab. 25), les autres éléments rassemblant individuellement moins de 6.2% des genres; 7 taxons génériques sont endémiques du Mexique, tous sont d'affinités tropicales.

Les distributions qui s'étendent à tout l'empire néotropical, d'une part, et à la région mésoaméricaine de basse altitude (16), d'autre part, regroupent 23.8% du nombre total d'espèces. Ce sont les seuls éléments dont le pourcentage dépasse les 10% (Tab. 26). Avec 140 espèces, l'endémisme du Mexique représente 28.0% de la flore spécifique de la forêt tropicale caducifoliée; 80% d'entre elles (112 espèces, éléments 18 à 22) sont d'affinités tropicales, 12.9% d'affinités tempérées (18 espèces, éléments 36 à 40) et 7.1% endémiques des régions arides du Mexique (élément 42).

Pour la forêt tropicale caducifoliée, contrairement aux groupements végétaux antérieurs, il n'existe pas de différence significative entre les affinités floristiques générales des différentes strates.

Globalement la flore de cette série dynamique a des affinités tropicales évidentes et

Affinités écologiques	Forêts				Fourrés			
	Espèces		IVI		Espèces		IVI	
	EFF	%	Σ	%	EFF	%	Σ	%
1. Forêt tropicale caducifoliée	15	46.9	103.7	51.8	16	45.7	462.1	66.0
2. Fourré xérophile	13	40.6	70.0	35.0	11	31.4	181.2	25.9
3. Endémiques	4	12.5	26.5	13.2	2	5.7	20.5	2.9
4. Autres					6	17.1	36.3	5.2

Tableau 26 - Affinités écologiques des espèces arbustives et arborées des relevés structuraux (d'après Labat 1987b).

ses relations avec la flore xérophile sont faibles. Afin de mieux démontrer cette tendance, et de préciser les différences ou, au contraire, les similitudes qui existent entre les fourrés et les forêts de la dépression du Lerma, Labat (1987) a défini les affinités écologiques des espèces arborées et arbustives⁴³.

Une espèce a une affinité écologique avec la forêt tropicale caducifoliée de basse altitude ou avec les fourrés xérophiles du Haut Plateau central, si elle se développe principalement dans l'un des deux types de végétation. Les espèces endémiques ont une aire de distribution réduite à l'aire de répartition actuelle du type de végétation nommé fourré subtropical⁴⁴. Le tableau 26 donne les résultats.

Les espèces qui ont une affinité écologique avec la forêt tropicale caducifoliée de basse altitude sont majoritaires dans les forêts peu perturbées avec, qualitativement (nombre d'espèces) et quantitativement (IVI), une participation de 46.9 et 51.8% respectivement (Tab. 26). Les plus importantes (IVI élevés) sont: *Acacia pennatula*, *Helio- carpus terebinthaceus*, *Ipomoea murucoides*, *Ficus cotinifolia*, *Lysiloma microphyllum* et *Euphorbia fulva*. Les espèces communes avec les fourrés xérophiles représentent 40.6% (nombre d'espèces) et 35% (IVI). Les plus importantes sont: *Bursera cuneata*, *Eysenhardtia polystachya*, *Manihot caudata* et *Opuntia* spp.

Dans les fourrés secondaires, le pourcentage d'espèces communes avec la forêt tropicale caducifoliée de basse altitude (45.7%, Tab. 26) est légèrement inférieur à celui obtenu dans les forêts peu perturbées, mais, quantitativement, ce pourcentage atteint 66% (Tab. 26) à cause, essentiellement, de l'importance d'*Ipomoea murucoides*.

L'endémisme est assez élevé dans les forêts (12.5% du nombre d'espèces et 13.2% de l'IVI) mais beaucoup plus faible dans les fourrés surtout quantitativement (2.9%, Tab. 26).

Ces résultats indiquent clairement que, floristiquement, les forêts, mais aussi les fourrés, se rapprochent plus de la forêt tropicale caducifoliée que des fourrés xérophiles. C'est un argument supplémentaire pour considérer tous ces peuplements comme faisant partie de la série dynamique de la forêt tropicale caducifoliée, bien que les communautés arbustives aient une physionomie semblable à celle des fourrés xérophiles.

5. Structure

Neuf relevés structuraux ont été effectués dans la série de la forêt tropicale caducifoliée: 2 parcelles de 50 x 50 m en forêt (R414 et R420), une parcelle (R309) et 6 placettes de 20 x 20 m (R303, R415, R417, R418, R421 et R422) en fourré:

N°	Localité	Municipio	Altitude	Exposition	Pente
R303*	4 km à l'ouest de Panindícuaro	Panindícuaro	1 950	N	2
R309	2 km au nord de Saucedá	Ixtlán	1 620	S	2
R414	Barranca del Diablo, cerro de Zináparo	Churintzio	1 950	N	1
R415*	El Chupadero, cerro de Zináparo	Churintzio	2 010	SO	3

Nº	Localité	Municipio	Altitude	Exposition	Pente
R417*	Cerro La Cantera	Panindícuaro	1 950	SO	2
R418*	Cerro El Chongo	Angamacutiro	1 750	N-NO	2
R420	1 km à l'ouest de La Estanzuela	Ixtlán	1 570	O	3
R421*	9 km au sud-ouest de Jacona	Jacona	1 780	-	0
R422*	Barranca de los Guayabos, Chaparaco	Zamora	1 670	O-SO	2

5.1. Les paramètres structuraux

5.1.1. Les forêts

Les paramètres structuraux moyens des forêts sont donnés dans le tableau 27.

La densité totale moyenne est de 1 050 ind./ha et la surface terrière totale moyenne de 15.5 m²/ha, paramètres assez constants dans les deux relevés (Fig. 47). Rzedowski et Rzedowski (1987) estiment que, dans les forêts caducifoliées primaires du Bajío, la densité devait atteindre 6 000 ind./ha avec des DBH > 10 cm: les valeurs obtenues dans nos relevés sont donc très inférieures à cette estimation, d'autant plus qu'il s'agit ici de DBH > 5 cm.

Seules deux espèces ont un IVI_k moyen supérieur à 10% (Tab. 27): la première, *Acacia pennatula* ($IVI_k = 11.0\%$), est un arbre bas, relativement plus dense ($dr_k = 17.0\%$) que dominant ($str_k = 6.4\%$); pour la seconde, *Heliocarpus terebinthaceus* ($IVI_k = 10.9\%$), les trois paramètres de l'indice de valeur d'importance sont plus équilibrés. Cinq espèces ont un IVI_k moyen compris entre 5 et 10% (Tab. 27): 3 d'entre elles, *Bursera cuneata*, *Viguiera quinqueradiata* et *Zanthoxylum affine*, sont relativement plus abondantes que dominantes ($7.2 < dr_k < 8\%$ alors que $2.7 < str_k < 5.3\%$). À l'inverse, *Ipomoea murucoides* et surtout *Ficus cotinifolia*, des espèces arborées au tronc trapu, ont une densité relative plus faible comparativement à leur dominance relative ($0.6 < dr_k < 5.9\%$ et $9.2 < str_k < 15\%$).

Les paramètres structuraux des forêts actuelles mettent en évidence l'importance des espèces héliophiles: *Acacia pennatula*, *Ipomoea murucoides* et *Zanthoxylum affine*, mais aussi *Eysenhardtia polystachya*, *Lysiloma microphyllum*, *Mimosa rhodocarpa* et *Opuntia* spp. Leur importance peut s'expliquer par deux phénomènes, souvent associés:

- les forêts étudiées n'ont pas encore atteint le stade final du cycle de régénération; ce sont des forêts jeunes, en pleine évolution;
- il y a persistance d'un ou plusieurs facteurs de dégradation anthropique (pâturage et coupe sélective de bois essentiellement).

Les espèces plus tolérantes à l'ombre, comme *Bursera cuneata*, *Heliocarpus terebinthaceus* et *Viguiera quinqueradiata* restent bien représentées dans ces forêts. En revanche, les espèces sciaphiles, comme *Euphorbia fulva*, *Ceiba aesculifolia*, *Albizia plurijuga*, *Bursera bipinnata* ou *Lysiloma acapulcense* sont encore assez rares (Tab. 27).

L'indice de diversité pour l'ensemble des forêts est de 4.21 bits et l'équitabilité de 0.84 (Tab. 27). Dans les deux communautés étudiées, H_{sh} prend les valeurs de 3.76 et 3.86 bits, mais, surtout, l'équitabilité y est très forte: 0.86 et 0.87 respectivement.

Espèces	dk ind/ha	dr _k %	f _k %	fr _k %	st _k cm ² /ha	str _k %	IV _k %
<i>Acacia pennatula</i>	178	17.0	58.0	9.7	9 855.5	6.4	11.0
<i>Heliocarpus terebinthaceus</i>	128	12.2	54.0	9.1	17 583.5	11.3	10.9
<i>Ipomoea murucoides</i>	62	5.9	48.0	8.1	14 270.3	9.2	7.7
<i>Bursera cuneata</i>	84	8.0	42.0	7.0	8 212.6	5.3	6.8
<i>Viguiera quinqueradiata</i>	78	7.4	36.0	6.0	4 795.2	3.1	5.5
<i>Zanthoxylum affine</i>	76	7.2	40.0	6.7	4 152.2	2.7	5.5
<i>Ficus cotinifolia</i>	6	0.6	6.0	1.0	23 213.3	15.0	5.5
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	54	5.1	32.0	5.4	3 750.2	2.4	4.3
<i>Opuntia cochineria</i>	20	1.9	16.0	2.7	12 933.4	8.3	4.3
<i>Manihot caudata</i>	42	4.0	28.0	4.7	5 376.8	3.5	4.1
<i>Lysiloma microphyllum</i>	46	4.4	26.0	4.4	3 682.2	2.4	3.7
<i>Mimosa rhodocarpa</i>	50	4.8	20.0	3.4	1 683.2	1.1	3.1
<i>Euphorbia tulva</i>	20	1.9	16.0	2.7	6 673.1	4.3	3.0
<i>Opuntia chavenia</i>	16	1.5	14.0	2.3	6 880.9	4.4	2.8
<i>Acacia farnesiana</i>	32	3.0	24.0	4.0	1 234.7	0.8	2.6
<i>Opuntia streptacantha</i>	18	1.7	12.0	2.0	5 511.4	3.6	2.4
<i>Ceiba aesculifolia</i>	14	1.3	12.0	2.0	3 535.5	2.3	1.9
<i>Albizia plurijuga</i>	8	0.8	8.0	1.3	5 271.9	3.4	1.8
<i>Bursera bipinnata</i>	14	1.3	12.0	2.0	1 740.4	1.1	1.5
<i>Euphorbia cf. colletioides</i>	16	1.5	12.0	2.0	440.1	0.3	1.3
<i>Opuntia joconostle</i>	8	0.8	8.0	1.3	2 894.1	1.9	1.3
<i>Celtis caudata</i>	14	1.3	10.0	1.7	703.2	0.5	1.2
<i>Colubrina triflora</i>	12	1.1	10.0	1.7	421.6	0.3	1.0
<i>Randia thurberi</i>	12	1.1	10.0	1.7	244.5	0.2	1.0
<i>Opuntia nigrita</i>	8	0.8	8.0	1.3	1 541.9	1.0	1.0
<i>Lysiloma acapulcense</i>	6	0.6	6.0	1.0	2 167.9	1.4	1.0
<i>Opuntia ictERICA</i>	8	0.8	8.0	1.3	1 032.3	0.7	0.9
<i>Stenocereus queretaroensis</i>	4	0.4	4.0	0.7	2 546.5	1.6	0.9
<i>Cedrela dugesii</i>	6	0.6	6.0	1.0	891.0	0.6	0.7
<i>Agonandra racemosa</i>	4	0.4	4.0	0.7	1 276.4	0.8	0.6
<i>Bursera fagaroides</i>	4	0.4	4.0	0.7	429.9	0.3	0.4
<i>Bunchosia palmeri</i>	2	0.2	2.0	0.3	40.8	0.0	0.2
Somme	1 050	100.0	596.0	100.0	154 985.7	100.0	100.0
H = 4.21	E = 0.84						

Tableau 27 - Paramètres structuraux moyens de la forêt tropicale caducifoliée.

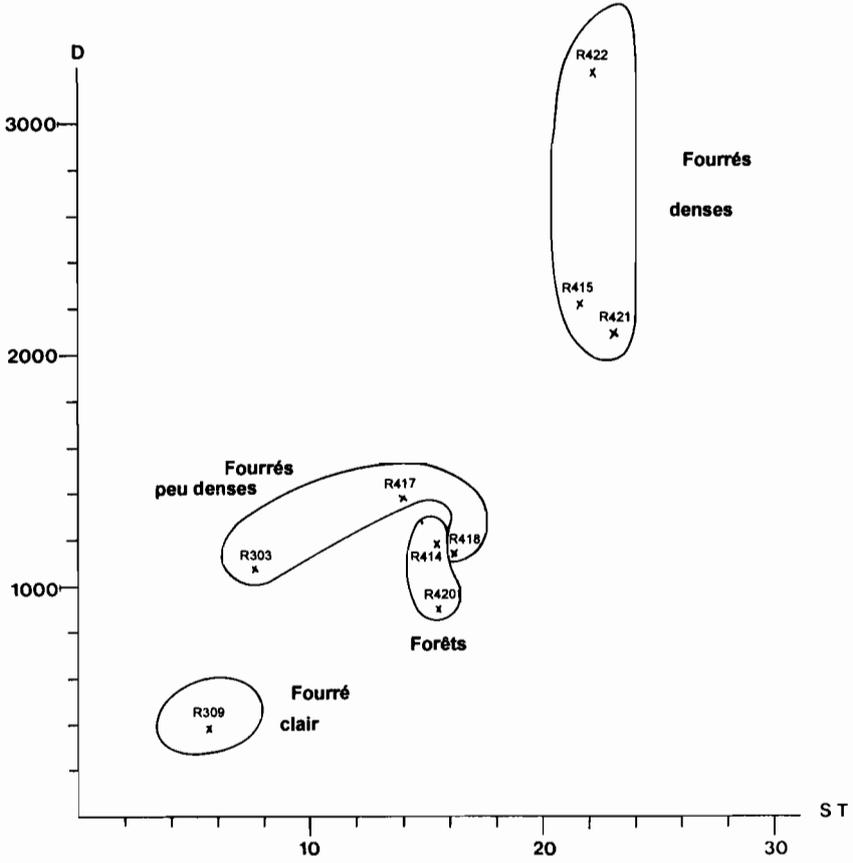


Figure 47 - Relations entre la densité et la surface terrière totales dans les relevés de la forêt tropicale caducifoliée.

5.1.2. Les fourrés

Dans les fourrés secondaires, les valeurs moyennes (Tab. 28) de la densité ($D = 1\ 664$ ind./ha) et de la surface terrière ($ST = 15.9$ m²/ha) cachent une grande variabilité de ces paramètres dans les relevés (Fig. 47), variabilité liée à l'hétérogénéité de ces fourrés. La densité totale varie dans un rapport de 1 à 8.7 (de 372 ind./ha, dans R309, à 3 225 ind./ha, dans R422), la surface terrière totale montrant une amplitude de variation plus faible, avec un rapport de 3.5 (de 6.56 m²/ha, dans R309, à 23.03 m²/ha, R421). Les fourrés très clairs, même s'ils sont assez hauts, comme celui de R309, sont caractérisés par des densités et des surfaces terrières faibles. Les densités totales des fourrés peu denses, comme ceux de R303, R417 et R418, sont moyennes, mais leurs surfaces terrières totales sont faibles (R303, fourré bas) à moyennes (R417 et R418, fourrés hauts). Les fourrés denses (R415, R421 et R422) atteignent des densités et des surfaces terrières élevées.

Dans ces fourrés secondaires, *Ipomoea murucoides* s'individualise comme l'espèce la plus importante, avec un IVI moyen de 32.2% (Tab. 28): elle est la seule à dépasser la valeur de 10%. Présente dans les 7 relevés, elle voit son IVI_k descendre au-dessous de 10% dans un seul relevé, mais il dépasse 50% dans deux d'entre eux (R309 et R421). Sa densité moyenne (d_k) est de 429 ind./ha (soit une $dr_k = 25.8\%$): elle est comprise entre 100 et 300 ind./ha dans 5 relevés et atteint 975 et 1 125 ind./ha dans les deux autres (R421 et R422). Sa dominance moyenne est de 7.4 m²/ha (soit une $str_k = 46.5\%$), elle varie entre 1.6 et 4.9 m²/ha dans 5 relevés, les valeurs de 15.0 et 18.3 m²/ha (R422 et R421) constituant les plus fortes valeurs enregistrées.

Quatre espèces ont un IVI_k compris entre 5 et 10% (Tab. 35), avec un nombre moyen d'individus à l'hectare assez élevé ($118 < d_k < 243$ ind./ha), mais une dominance assez faible ($0.3 < str_k < 0.9$ m²/ha). Ce sont donc des espèces relativement plus abondantes que dominantes ($7.1 < dr_k < 14.6\%$ alors que $1.8 < str_k < 5.4\%$). *Eysenhardtia polystachya* et *Acacia pennatula*, caractérisées par une répartition assez uniforme (fréquences relatives élevées, entre 9 et 12%), sont présentes dans 5 et 7 relevés, respectivement. Les deux autres espèces, *Lysiloma microphyllum* et *Croton cf. cladotrichus*, sont au contraire moins communes ($5.7 < fr_k < 6.4\%$), puisqu'elles ne sont présentes que dans 2 relevés, avec des IVI_k faibles dans l'un (inférieurs à 10%), et élevés dans l'autre (proches de 35%).

Les autres espèces restent peu importantes en moyenne (IVI_k %), même si certaines peuvent atteindre une importance relative dans quelques relevés:

- IVI_k compris entre 10 et 25%: *Randia canescens* (R418), *Mimosa rhodocarpa* (R415), *Opuntia streptacantha* (R418 et R417), *Heliocarpus terebinthaceus* (R309 et R418) et *Opuntia amyclaea* (R417);
- IVI_k compris entre 5 et 10%: *Zanthoxylum affine* (R418 et R421), *Bursera cuneata* (R415), *Agonandra racemosa* (R415), *Tecoma stans* (R417), *Bursera fagaroides* (R415), *Lysiloma acapulcense* (R415), *Quercus obtusata* (R415) et *Bursera palmeri* (R417).

Les espèces héliophiles sont, comme on s'y attend, les plus importantes dans les fourrés secondaires. À celles citées pour les forêts, s'ajoutent *Croton cf. cladotrichus*,

Espèces	d_k Ind./ha	dr_k %	f_k %	fr_k %	st_k cm ² /ha	str_k %	iv_k %
<i>Ipomoea murucoides</i>	429	25.8	60.7	24.3	73 786.1	46.5	32.2
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	161	9.7	29.3	11.7	8 403.9	5.3	8.9
<i>Lysiloma microphyllum</i>	243	14.6	14.3	5.7	8 487.8	5.4	8.6
<i>Acacia pennatula</i>	118	7.1	24.5	9.8	6 959.5	4.4	7.1
<i>Croton cf. cladotrichus</i>	132	7.9	16.1	6.4	2 798.6	1.8	5.4
<i>Bursera fagaroides</i>	45	2.7	10.6	4.3	6 175.8	3.9	3.6
<i>Heliocarpus terebinthaceus</i>	22	1.3	7.6	3.0	9 065.9	5.7	3.4
<i>Opuntia streptacantha</i>	21	1.3	2.7	1.1	11 560.3	7.3	3.2
<i>Mimosa rhodocarpa</i>	61	3.6	8.9	3.6	3 222.0	2.0	3.1
<i>Randia canescens</i>	61	3.6	8.0	3.2	1 564.3	1.0	2.6
<i>Zanthoxylum affine</i>	50	3.0	8.9	3.6	1 575.3	1.0	2.5
<i>Bursera cuneata</i>	50	3.0	6.3	2.5	2 873.9	1.8	2.4
<i>Bursera bipinnata</i>	19	1.1	5.6	2.2	3 735.4	1.9	1.8
<i>Lysiloma acapulcense</i>	14	0.9	3.6	1.4	4 564.6	2.9	1.7
<i>Agonandra racemosa</i>	39	2.4	4.5	1.8	1 005.8	0.6	1.6
<i>Tecoma stans</i>	25	1.5	5.4	2.1	865.4	0.5	1.4
<i>Opuntia amyclaea</i>	4	0.2	1.8	0.7	5 050.3	3.2	1.4
<i>Acacia farnesiana</i>	22	1.3	5.9	2.4	502.2	0.3	1.3
<i>Quercus obtusata</i>	36	2.1	1.8	0.7	1 242.3	0.8	1.2
<i>Randia thurberi</i>	21	1.3	1.8	0.7	465.2	0.3	0.8
<i>Bursera palmeri</i>	14	0.9	3.6	1.4	365.2	0.2	0.8
<i>Opuntia nigrita</i>	11	0.6	2.7	1.1	888.1	0.6	0.8
<i>Bursera penicillata</i>	4	0.2	0.9	0.4	956.1	0.6	0.4
<i>Erythrina cf. coralloides</i>	11	0.6	1.8	0.7	259.2	0.2	0.5
<i>Salvia breviflora</i>	11	0.6	0.9	0.4	268.6	0.2	0.4
<i>Viguiera quinqueradiata</i>	7	0.4	1.8	0.7	317.5	0.2	0.4
<i>Eysenhardtia platycarpa</i>	4	0.2	0.9	0.4	956.1	0.6	0.4
<i>Bursera bipinnata</i> x <i>Bursera cuneata</i>	4	0.2	0.9	0.4	601.4	0.4	0.3
<i>Forestiera phillyreoides</i>	4	0.2	0.9	0.4	457.7	0.3	0.3
<i>Opuntia chavenia</i>	4	0.2	0.9	0.4	389.1	0.2	0.3
<i>Croton morifolius</i>	4	0.2	0.9	0.4	150.3	0.1	0.2
<i>Montanoa bipinnatifida</i>	4	0.2	0.9	0.4	72.8	0.0	0.2
<i>Dodonaea viscosa</i>	4	0.2	0.9	0.4	72.8	0.0	0.2
<i>Celtis caudata</i>	1	0.0	0.6	0.2	216.5	0.1	0.1
<i>Bunchosia palmeri</i>	1	0.0	0.6	0.2	21.6	0.0	0.1
Somme	1 664	100.0	249.6	100.0	158 528.9	100.0	100.0
H = 3.83							
E = 0.75							

Tableau 28 - Paramètres structuraux moyens des fourrés secondaires de la forêt tropicale caducifoliée.

Bursera fagaroides, *Randia canescens*, *Tecoma stans* et *Acacia farnesiana*. Les premières espèces tolérantes à l'ombre qui s'implantent dans ces fourrés et qui peuvent avoir quelque importance sont *Bursera cuneata*, *Heliocarpus terebinthaceus* et *Viguiera quinqueradiata*. Quant aux espèces sciaphiles, seules *Bursera bipinnata* et *Lysiloma acapulcense* sont présentes, ce qui montre leur capacité de régénération à partir de graines venant des forêts ou des individus isolés conservés dans les jardins ou au bord des chemins. Par contre, *Ceiba aesculifolia*, *Euphorbia fulva* ou *Albizia plurijuga*, aux caractères sciaphiles plus accentués, semblent avoir plus de difficulté à s'implanter dans les fourrés.

L'indice de diversité est un peu moins élevé pour les fourrés, où il y a une valeur de 3.83 bits (Tab. 28), que pour les forêts. Leur diversité floristique est donc moins grande, d'autant que l'équitabilité est plus faible pour eux ($E = 0.75$, Tab. 28) que pour les forêts ($E = 0.84$, Tab. 27). Une faible diversité caractérise chaque peuplement pris individuellement: en effet, les indices de diversité restent compris entre 1.85 et 3.28 bits et l'équitabilité entre 0.54 et 0.82 (à la différence des peuplements forestiers qui ont une diversité floristique élevée).

5.2. Structure par classe de diamètre

5.2.1. Structure totale

La distribution du nombre d'individus est caractérisée, dans les fourrés comme dans les forêts, par l'importance de la première classe de diamètre, celle qui va de 5 à 10 cm de DBH⁴⁵: elle regroupe entre 61.9 et 83.6% du nombre total de tiges selon les relevés. Les histogrammes ont donc, dans presque tous les relevés, une forme assez identique en L plus ou moins redressé (Fig. 48), structure qui manifeste la densité de la strate arbustive. Cette strate est constituée soit par des espèces qui n'atteindront pas (à l'exception de quelques rares individus) une strate arborée, soit par de jeunes individus d'espèces qui régénèrent. Ces derniers participeront à la constitution d'une strate arborée, si l'évolution vers la forêt n'est pas bloquée, ou d'une strate arbustive maintenue par la pression anthropique. Le comportement de chaque espèce sera analysé dans la prochaine section.

Les histogrammes de distribution de la surface terrière sont assez irréguliers, qu'il s'agisse des forêts ou des fourrés. Pour chaque relevé, cette distribution erratique résulte des perturbations anthropiques diverses, continues et anciennes que subissent les peuplements.

La seule différence structurale entre les fourrés et les forêts réside, en fait, dans les diamètres maximaux enregistrés: ils sont compris entre 30 et 40 cm pour les fourrés et entre 50 et 95 cm pour les forêts.

On peut déjà conclure de ces données ce qu'on avait envisagé lors de l'étude des paramètres structuraux, à savoir que les forêts sont encore en pleine évolution et qu'elles n'ont pas atteint le stade d'équilibre final de cette série dynamique.

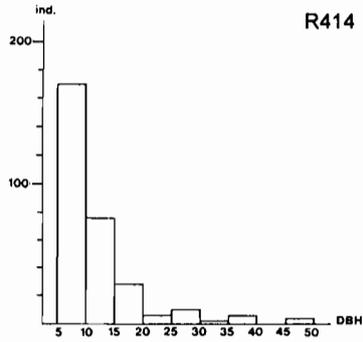


Figure 48 - Modèle de la structure du nombre de tiges de la forêt tropicale caducifoliée (R414).

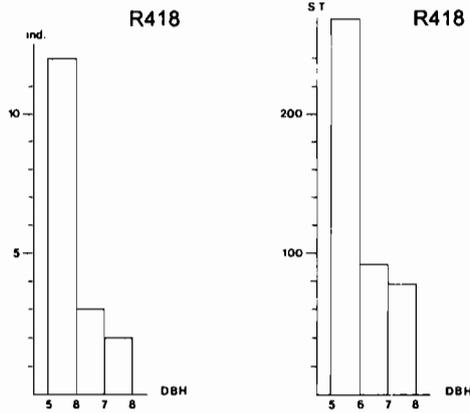


Figure 49 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de *Randia canescens* dans un fourré secondaire de la forêt tropicale caducifoliée (R418).

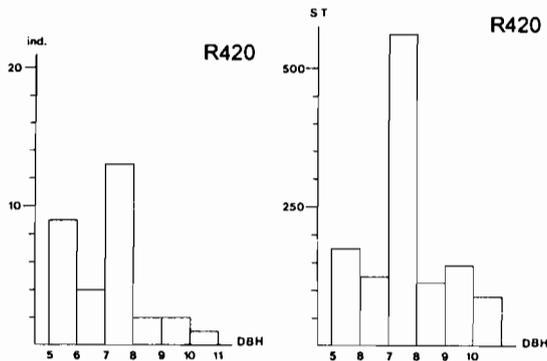


Figure 50 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière d'*Acacia pennatula* dans une forêt tropicale caducifoliée (R420).

5.2.2. Structure par espèces

La dimension des placettes (0.04 ha) pourrait être considérée comme insuffisante. Il est probable que l'adoption systématique des parcelles (0.25 ha) aurait pu permettre, pour certaines espèces, de mettre en évidence une autre structure, mais, pour presque toutes les espèces rares, l'augmentation de la taille du relevé n'aurait pas permis de mettre en évidence une structure autre qu'erratique ou réduite à la présence de petits diamètres. Il faut signaler du reste que, du fait de leur port en général et de la forme de leur tronc, la structure par classe de diamètre n'est pas bien adaptée aux Cactaceae (genres *Opuntia* et *Stenocereus*), qui n'ont été pris en compte que pour le calcul des paramètres structuraux.

Parmi les espèces qui dans les relevés n'apparaissent que dans la première classe de DBH, ou qui atteignent rarement 15, voire 20 cm de DBH, on peut distinguer:

- Les espèces arbustives de la forêt et/ou des fourrés:

Acacia farnesiana
Bursera fagaroides
Croton morifolius
C. cf. cladotrichus
Dodonaea viscosa
Euphorbia cf. colletioides

Forestiera phillyreoides
Montanoa bipinnatifida
Randia thurberi
Salvia breviflora
Tecoma stans

- Les espèces normalement arborées qui, surtout dans les fourrés secondaires, ont un port arbustif:

Bursera bipinnata
B. bipinnata x *B. cuneata*
B. palmeri
B. pennicillata

Erythrina cf. coralloides
Eysenhardtia platycarpa
Quercus obtusata

La plupart des espèces arborées, caractéristiques de la forêt, ont des structures erratiques qui atteignent des diamètres supérieurs à 20 cm. Certaines s'implantent dans les fourrés secondaires: *Agonandra racemosa*, *Celtis caudata* et *Lysiloma acapulcense*; d'autres ne se développent que dans les forêts. Leur régénération (présence de petits diamètres) n'est active que dans le cas de *Manihot caudata* (dans R420) et *Colubrina triflora* (dans R414); elle reste faible ou nulle pour *Albizia plurijuga*, *Cedrela dugesii*, *Ceiba aesculifolia*, *Euphorbia fulva* et *Ficus cotinifolia*.

Pour les arbustes aux troncs frêles, l'étendue des classes de diamètres a été réduite à 1 cm.

Acacia pennatula, *Eysenhardtia polystachya*, *Mimosa rhodocarpa*, *Randia canescens* et *Zanthoxylum affine* montrent des structures comparables dans les peuplements où ils sont abondants. Dans les fourrés, le nombre de tiges et la surface terrière se distribuent selon un modèle en L plus ou moins redressé (Fig. 49). Ces structures reflètent l'héliophilie de ces espèces arbustives, qui ont une forte régénération dans les fourrés

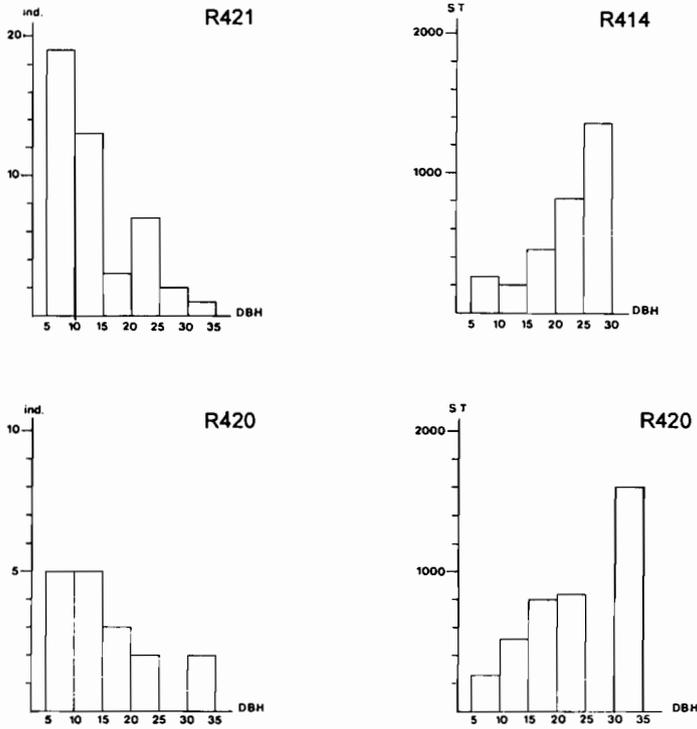


Figure 51 - Structures du nombre de tiges (R421 et R420) et de la surface terrière (R414 et R420) d'*Ipomoea murucoides* dans les forêts et les fourrés tropicaux caducifoliés.

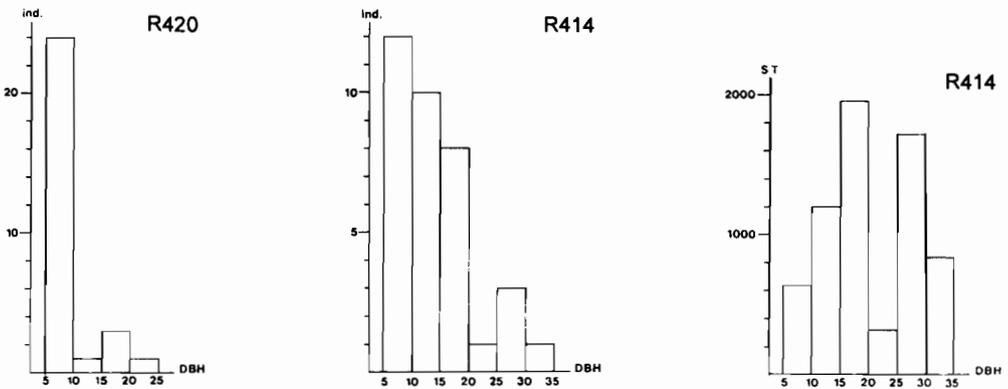


Figure 52 - Structures du nombre de tiges (R420 et R414) et de la surface terrière (R414) d'*Heliocarpus terebinthaceus* dans la forêt tropicale caducifoliée.

jeunes et/ou ouverts, alors que dans les forêts, leurs structures sont irrégulières. Mais, en général, le nombre de tiges et la surface terrière se répartissent selon un modèle erratique et qui se rapprochent d'une distribution en cloche (Fig. 50). Ces espèces sont importantes dans les forêts, mais leur régénération y est nulle ou peu active à l'ombre de la strate arborée.

Ipomoea murucoides est un arbre qui peut atteindre 8 m de haut tout en ayant souvent, dans les fourrés, un port arbustif. Les individus de cette espèce se distribuent selon deux modèles en L surbaissé ou en forme de cloche tronquée à gauche (Fig. 51), modèles observables tant en forêt qu'en fourré. Par contre les structures de la surface terrière y sont différentes: dans les fourrés, cette distribution a une forme en cloche irrégulière, alors que dans les forêts, la surface terrière est globalement croissante de 5 à 35 cm.

Ces structures font ressortir le caractère héliophile et pionnier d'*I. murucoides*, une des premières espèces à s'installer dans les prairies et les champs abandonnés. Sa régénération, très active au départ, devient assez rapidement moins agressive, ce qui fait qu'elle ne présente pas de structure en L très redressé du nombre de tiges et encore moins de la surface terrière. Ce trait s'explique également par son mode de croissance (surtout en diamètre mais aussi en hauteur) beaucoup plus rapide que celle des autres espèces pionnières. Enfin, il faut prendre en compte que le feuillage dense de cette espèce, associé à un port arbustif sur un tronc trapu et court, forme rapidement des zones d'ombre assez intense.

Heliocarpus terebinthaceus a une régénération active dans une forêt ouverte (R420), avec une distribution du nombre de tiges en forme de L très redressé (Fig. 52); il présente une phase de stabilisation en forêt plus fermée (R414). L'histogramme des individus est linéaire entre 5 et 20 cm de DBH et caractérisé par une faible décroissance (Fig. 52). Corrélativement, la surface terrière croît régulièrement dans ce même intervalle. Sa régénération est très faible dans les fourrés, où on note l'absence de petits diamètres. Les structures de *Bursera cuneata* et *Viguiera quinqueradiata* sont comparables à celles d'*Heliocarpus terebinthaceus*: ces trois espèces sont caractéristiques des premiers stades arborés de la série dynamique; légèrement héliophiles, elles reconstituent la strate arborée.

6. Régénération

Après l'abandon des cultures, une prairie dominée par des adventices s'installe dès la première année. Au bout de trois ans, la couverture herbacée est déjà dense et de nombreuses espèces caractéristiques des fourrés s'implantent. Les arbustes héliophiles et pionniers commencent à germer dans ces prairies dès la deuxième année d'abandon cultural, en premier lieu les *Acacia*, le bétail propageant très rapidement ces espèces qui ont un mode de dissémination endozoochorique. Si *Ipomoea murucoides* s'installe un peu plus tard (vers la troisième année), sa croissance étant très rapide, il devient vite l'élément dominant.

Sur sols peu profonds et en pente, la densité des fourrés augmente et la strate

arbustive se diversifie: les autres espèces héliophiles s'installent, et dans un deuxième temps, les espèces plus tolérantes à l'ombre, comme *Heliocarpus terebinthaceus*.

Cette évolution est souvent bloquée, surtout sur les sols plus profonds, où le pâturage favorise la formation de prairies arbustives qui se stabilisent. Une couverture herbacée dense couvre alors le sol, empêchant la germination des arbustes, tandis que les bouquets arbustifs, plus ou moins rapprochés, forment un micro-habitat où les espèces sciaphiles peuvent s'installer. Ainsi, la composition floristique de la strate herbacée à l'ombre des arbustes se révèle très différente de celle de la prairie qui les entoure, puisqu'elle est constituée par les espèces sciaphiles caractéristiques des forêts. La strate arbustive, elle est assez diversifiée: les espèces peuvent être différentes d'une tache à l'autre et chacune d'elle comporte au moins 3 à 4 espèces différentes aux houppiers enchevêtrés. La germination d'arbres sciaphiles de la forêt (comme *Ceiba aesculifolia* ou *Lysiloma acapulcense*, par exemple) est fréquente, même si leur croissance est souvent bloquée et ces individus dégènèrent par la suite.

L'évolution des fourrés fermés peut également être bloquée, par le pâturage et la coupe de bois essentiellement. Ces activités provoquent en permanence dans la strate arbustive des ouvertures qui nuisent à son développement et à l'installation des espèces sciaphiles.

En revanche, en l'absence de perturbation, l'évolution vers la forêt tropicale caducifoliée peut s'effectuer normalement. Mais, comme l'indiquent la composition floristique et les caractères structuraux, les rares forêts actuelles ne correspondent qu'à un stade préclimax.

7. Conclusion

La mosaïque de communautés végétales qui était considérée comme un fourré subtropical monte, en fin de compte, des relations étroites avec la forêt tropicale caducifoliée: ainsi, les fourrés de la zone d'étude qui sont en fait secondaires, ne peuvent pas être considérés comme des fourrés xérophiles et c'est le caractère anthropique qui permet également d'expliquer l'hétérogénéité de la végétation actuelle. Je résumerai dans cette conclusion les principaux arguments qui permettent d'assimiler ces communautés végétales aux différents stades de la série dynamique de la forêt tropicale caducifoliée:

- le cortège floristique montre des affinités évidentes avec la zone tropicale (grands nombres de taxons tropicaux, néotropicaux et endémiques de la région mésoaméricaine de basse altitude);
- au niveau des strates arborées et arbustives, les espèces ayant une affinité écologique marquée pour les fourrés xérophiles du Haut Plateaux sont nombreuses et abondantes, mais ce sont, pour la plupart, des espèces secondaires. Il est classique d'observer une pénétration d'espèces xérophiles dans les stations plus humides et perturbées (ces arbustes se maintiennent jusque dans les forêts préclimax). Elles devaient être absentes dans les forêts naturelles en équilibre;

- L'étude structurale montre une certaine homogénéité entre les fourrés et les forêts actuels. Il faut noter en particulier, l'importance des espèces héliophiles dans toutes les communautés. En ce qui concerne la composition floristique des strates supérieures, elle est, certes, quantitativement différente dans les fourrés et les forêts, mais toutes les espèces ou presque sont présentes dans les deux. Quant aux arbres sciaphiles, installés dans les forêts ils n'ont pas encore une structure équilibrée.

Le déterminisme de la forêt tropicale caducifoliée est climatique et surtout thermique ($t_f > 13^\circ\text{C}$), mais il est également édaphique (surtout par rapport à la forêt thermophile de pins), en ce qu'il est lié à une pédogénèse verticale. La présence de cette forêt sur les vertisols profonds et non-pierreux sera examinée à la section 4 du chapitre VI de la Deuxième Partie.

Notes

- 41 Vu leur diversité floristique et écologique, il serait fastidieux de donner ici ne serait-ce qu'une brève description de ces forêts. On pourra donc se reporter aux références citées dans le texte et à la synthèse de Rzedowski (1978) en particulier.
- 42 Les deux stations qui n'ont pas été considérées ici et leur principaux paramètres climatiques sont les suivants:

ANGAMACUTIRO

	P	Njp	t	t_f	MS
Moyenne	748	77	20.4	16.2	7
Q₁	622	66	20.0	15.5	7
Q₃	831	84	20.9	17.4	8

IXTLÁN

	P	Njp	t	t_f	MS
Moyenne	774	85	20.5	16.5	7
Q₁	718	78	20.2	16.2	6
Q₃	875	90	20.7	17.2	8

(P = précipitations annuelles en mm; Njp = nombre de jours de pluie annuel; t = température moyenne annuelle en °C; t_f = température du mois le plus froid en °C, c'est-à-dire janvier; MS = nombre de mois secs).

- 43 Seules les espèces rencontrées dans les relevés structuraux ont été considérées afin d'avoir une estimation quantitative (IVI) de ces affinités en plus de l'estimation qualitative (nombre d'espèces).
- 44 Les monographies régionales de Rzedowski et McVaugh (1966), Rzedowski (1966), Leavenworth (1946) et Miranda (1947), l'ouvrage synthétique de Rzedowski (1978) et les flores de Standley (1920-1926) et Bravo (1978) ont permis de définir les affinités écologiques des espèces.
- 45 À l'exception du relevé R309, où la forte pression du pâturage explique l'abondance relativement faible des petits diamètres: 25.8% des tiges, ont de 5 à 10 cm de DBH seulement dans ce fourré haut et clair.

VI. AUTRES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Trois groupements végétaux mineurs, c'est-à-dire dont l'aire de distribution est très réduite, seront considérés ici. Ils sont liés à un biotope particulier, azonal, d'où leur distribution irrégulière. Il s'agit de:

- la végétation des coulées de lave récentes. C'est la végétation colonisatrice des malpaís, dénomination locale de ces étendues rocheuses;
- la végétation aquatique et subaquatique. Elle est réduite, comme son nom l'indique, aux terrains immergés de façon plus ou moins permanente;
- la végétation rudérale. Elle est caractéristique des zones artificielles créées par l'homme ou qui subissent des perturbations continues, comme les talus des chemins, par exemple.

Par ailleurs, la présence hypothétique, dans la zone d'étude, de la forêt épineuse (mezquital) rend nécessaire une analyse sommaire de cette formation.

1. Végétation des coulées de lave récentes

1.1. Généralités

Les coulées de laves anciennes, ou relativement récentes, mais recouvertes secondairement par des cendres volcaniques, supportent des sols assez évolués où se développe une végétation zonale, à déterminisme essentiellement climatique. Au contraire, les coulées récentes sont caractérisées par une végétation azonale, constituée de différents stades de succession sur un substrat rocheux, le principal facteur limitant pour la végétation étant l'absence de sol.

Dans la Sierra Tarasque, les malpaís jeunes, dont au moins une partie n'est pas recouverte par des cendres volcaniques postérieures, sont assez rares et souvent de très faible extension. Par contre, au nord de la sierra, à sa limite avec la dépression du Lerma, se trouve une grande surface couverte de laves récentes, le malpaís de Zacapu, situé au nord et au nord-ouest de la ville de Zacapu. Comme nous l'avons signalé à la section 1. du chapitre IV de la Première Partie, les ruines archéologiques témoignent de la forte occupation humaine d'une grande partie de ce malpaís. La période d'occupation la plus importante date approximativement du *XIV^e* siècle de notre ère, ce qui correspond au Post-Classique récent de la civilisation tarasque (Michelet com. pers.).

Ces coulées, assez uniformes du point de vue minéralogique, résultent d'un volcanisme basaltico-andésitique. Elle sont constituées par deux épanchements différents: le plus récent, appelé Malpaís Prieto, a moins de 2 000 ans (Demant com. pers.), le second étant plus ancien.



Photo 29 - Végétation d'une coulée de lave. Malpaís de Milpillás, municipio Zacapu, 2 150 m.

Ces étendues rocheuses sont caractérisées par une grande diversité de microhabitats. Lors de l'avancée des coulées et du refroidissement de la lave, il se crée une multitude de petites fractures, de dômes mais aussi de grandes dépressions. Cette hétérogénéité engendre une juxtaposition de microhabitats différents par expositions ainsi que par la capacité de capter et, surtout, de retenir les dépôts organiques et éoliens dans les petites fractures ou les grandes dépressions. C'est dans ces derniers microhabitats que la genèse d'un sol est la plus rapide. Il se forme des lithosols, souvent squelettiques et très riches en matière organique. Il est évident que la présence de l'homme, surtout en peuplements assez denses, a fortement influencé l'évolution de la végétation: cette influence est nette dans la bordure nord du Malpaís Prieto, couverte de ruines archéologiques. Il faut signaler que les Tarasques ont apporté sur ces coulées de grandes quantités de terre fertile pour aménager un système assez complexe de terrasses d'habitation qui suivent la topographie des coulées et sont reliées par des escaliers souvent taillés dans le roc.

En dehors des zones d'habitation préhispanique, la coulée la plus récente est pratiquement dépourvue de végétation. Seules des algues et des lichens colonisent la surface des roches et dans les petites dépressions et les grandes crevasses, des mousses, mais aussi des Ptéridophytes (*Adiantum poiretii*, *Cheilanthes lendigera*, *Notholaena aurea* et *Selaginella pallescens* var. *pallescens*) se sont déjà installées. La physionomie générale est tout à fait identique à celle des coulées du volcan Paricutín et correspond au premier stade de la succession, tel qu'il a été décrit, dès 1959, par Eggler, stade dénommé *xero-pteridophytetum* par Rzedowski (1954), lors de son étude du Pedregal de San Ángel, dans la Vallée de México.

Dans les crevasses les plus profondes, des végétaux supérieurs commencent à se développer. En effet, la surface du sol est protégée d'une trop forte insolation directe et, de plus, le vent et les eaux d'écoulement ont pu y déposer suffisamment de matériaux fins, minéraux et organiques. Ce sont des herbacées comme *Aegopogon tenellus* et *Agave* cf. *cupreata*, mais aussi des arbustes ou même des arbres, qui restent rachitiques (de 0.5 à 1.5 m, rarement 2 m, de hauteur): *Buddleia cordata*, *Bursera cuneata*, *Opuntia* sp. et *Clethra mexicana*, l'élément ligneux le plus haut.

Au-dessous du couvert de ces arbustes, les dépôts organiques forment un humus de quelques centimètres d'épaisseur, propre à favoriser la pousse des herbacées et autres arbustes qui forment une couverture plus dense de la surface du sol. Progressivement, cette évolution s'amplifie: en même temps que les dépôts de matières organiques augmentent, les éléments minéraux fins sont piégés par les systèmes racinaires et enfin la roche volcanique se dégrade. Lors de l'évolution de la succession, la couverture végétale devient plus dense et forme une nouvelle communauté arbustive caractéristique dénommée *Senecionetum praecocis* par Rzedowski (1954). Dans le malpaís de Zacapu, ce fourré occupe toute la coulée la moins récente ainsi que les zones archéologiques du Malpaís Prieto.

Il s'agit d'un fourré ouvert et très hétérogène à cause de l'irrégularité du substrat et du grand nombre de microhabitats déjà signalés (photo 29). La strate principale, de 2 à 4 m de hauteur, est constituée par des arbustes ou des espèces arborées rachitiques,

au port arbustif. Dans les grandes cavités, et surtout dans les dépressions encaissées, où le sol est suffisamment profond (quelques dizaines de centimètres), les arbres peuvent atteindre 6 à 8 m de hauteur, mais ils ne constituent une strate continue que dans les dépressions de quelques dizaines de mètres de large.

Une strate herbacée, de densité irrégulière, mesure généralement de 40 à 80 cm de hauteur; certaines espèces peuvent y atteindre 1 m à 1.5 m; par endroits, au contraire la surface de la roche n'est couverte que par des espèces prostrées ou rampantes, de 10 à 20 cm de haut. Les plantes grimpantes et les lianes sont importantes, tant par le nombre d'espèces que par celui des individus ou par leur couverture. Elles peuvent soit s'enrouler autour des plantes herbacées ou des arbustes, soit recouvrir les parois inclinées ou verticales des cavités.

Les épiphytes autotrophes et parasites sont assez abondants sur les arbustes et les arbres.

La strate arbustive est caducifoliée pendant toute la saison sèche, bien que quelques rares espèces soient pérennifoliées (certains *Quercus*, par exemple). Les floraisons sont étalées sur toute l'année; certaines espèces, comme *Senecio praecox*, la plus caractéristique, fleurissent au cœur de la saison sèche, en février-mars, mais les floraisons sont surtout abondantes au début de la saison des pluies et elles se poursuivent jusqu'au début de la saison sèche (octobre-novembre) pour nombreuses espèces de Compositae.

Dans la strate herbacée, les floraisons commencent en juin-juillet pour atteindre un maximum en fin de saison des pluies et en début de saison sèche. C'est, par exemple, le cas de *Laelia autumnalis*, belle orchidée dont l'inflorescence, dressée presque à 1 m de hauteur, est couverte de nombreuses fleurs roses de plus de 10 cm de diamètre.

1.2. Floristique

1.2.1. Composition floristique

Les espèces arborées suivantes sont présentes surtout dans les grandes dépressions, mais aussi sur les terrasses artificielles des sites archéologiques:

<i>Aralia humilis</i>	<i>Quercus castanea</i>
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Q. crassipes</i>
<i>Cedrela dugesii</i>	<i>Q. gentryi</i>
<i>Clethra mexicana</i>	<i>Q. rugosa</i>
<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Q. sideroxyla</i>
<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i>	<i>Tilia mexicana</i>

Les espèces les plus fréquentes et abondantes dans la strate arbustive sont celles-ci:

<i>Aralia humilis</i>	<i>Cedrela dugesii</i>
<i>Buddleia cordata</i>	<i>Garrya longifolia</i>

*Senecio praecox**Verbesina virgata*

Auxquelles s'ajoutent d'autres espèces, qui poussent sur les terrasses artificielles, surtout dans le site du Malpaís Prieto:

*Bursera cuneata**Euphorbia calyculata**Dalea lutea* var. *gigantea**Pistacia mexicana*

Cette strate est également composée d'espèces moins fréquentes:

*Arctostaphylos angustifolia**Fuchsia decidua**A. longifolia**Lagascea helianthifolia**Baccharis thesioides**Mimosa adenantheroides**Bouvardia longiflora**Monnina xalapensis**Ceanothus coeruleus**Montanoa leucantha**Clusia salvinii**Opuntia* spp.*Desmodium sumichrasti**Sedum oxypetalum**Eupatorium areolare**Verbesina sphaerocephala**Forestiera phillyroides*

Dans la strate herbacée, les espèces suivantes qui sont érigées et hautes d'une part ou bien prostrées ou de petite taille (celles-ci sont marquées du signe +) d'autre part, sont généralement abondantes et fréquentes:

Agave cf. *cupreata**Muhlenbergia emersleyi**Cyperus seslerioides*+*Peperomia galioides*+*Diastatea micrantha*+*Piqueria trinervia**Laelia autumnalis**Sedum griseum**Loeselia mexicana**Selaginella pallescens* var. *pallescens*+*Lopezia racemosa**Tagetes tenuifolia**Mammillaria pringlei*+

Certaines espèces peuvent être localement abondantes sans être très fréquentes:

Aegopogon tenellus+*Eupatorium aschenbornianum**Ageratum corymbosum**Euphorbia radians**Begonia* sp.*Festuca amplissima**Castilleja arvensis**Fuchsia* sp.*Commelina coelestis* var. *bourgeaui**Gnaphalium bourgovii**Conyza sophiifolia**G. inornatum**Crotalaria longirostrata**G. semiamplexicaule**Cyperus incompletus**Guardiola mexicana**Echeveria gibbiflora**Iresine celosia*

Types de distribution: éléments	Genres		Espèces	
	effectif	%	effectif	%
0. Non déterminée	-	-	11	10.1
FLORE COSMOPOLITE				
1. Cosmopolite	5	5.6	0	0.0
2. Surtout tempérée	3	3.4	1	0.9
3. Surtout américaine	0	0.0	0	0.0
4. Surtout tropicale	4	4.5	0	0.0
5. Surtout néotropicale	1	1.1	0	0.0
SOUS-TOTAL	13	14.6	1	0.9
FLORE AMÉRICAINE				
6. Américaine	7	7.9	0	0.0
FLORE TROPICALE				
7. Pantropicale	8	9.0	1	0.9
8. Surtout américaine	4	4.5	0	0.0
9. Surtout africaine	2	2.2	1	0.9
10. Surtout asiatique	0	0.0	0	0.0
11. Commune Amérique, Afrique et/ou Madagascar	2	2.2	0	0.0
12. Commune Amérique, Asie et/ou Océanie	2	2.2	0	0.0
FLORE NÉOTROPICALE				
13. Pan-néotropicale	22	24.7	7	6.4
14. Andine	3	3.4	5	4.6
15. Caraïbéenne	1	1.1	2	1.8
16. Mésoaméricaine de basse altitude	1	1.1	10	9.2
17. Mésoaméricaine de montagne	6	6.7	22	20.2
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
18. Mexicaine	0	0.0	2	1.8
19. Mexique occidentale	1	1.1	9	8.3
20. Sud du Mexique	0	0.0	2	1.8
21. Centre du Mexique	0	0.0	8	7.3
22. Nord du Mexique	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	52	58.4	69	63.3
FLORE TEMPÉRÉE				
23. Des deux hémisphères	1	1.1	0	0.0
24. De large distribution mais surtout américaine	0	0.0	0	0.0
25. De large distribution mais surtout eurasiennne	0	0.0	0	0.0
26. Hémisphère sud légèrement étendu vers le nord	1	1.1	0	0.0
27. Circumboréale	5	5.6	0	0.0
28. Hémisphère nord et montagnes tropicales	3	3.4	0	0.0
29. Boréale commune Amérique et Est Asie	1	1.1	0	0.0
30. Boréale commune Amérique, Europe et Ouest Asie	1	1.1	0	0.0
FLORE HOLARCTIQUE NORD-AMÉRICAINE				
31. Nord-américaine	3	3.4	1	0.9
32. Commune Mexique et États-Unis	0	0.0	0	0.0
33. Commune Mexique et Est des États-Unis	0	0.0	1	0.9
34. Commune Mexique et Sud des États-Unis	2	2.2	6	5.5
35. Commune Mexique et Amérique centrale	0	0.0	2	1.8
FLORE ENDÉMIQUE DU MEXIQUE				
36. Mexicaine	0	0.0	4	3.7
37. Nord du Mexique	0	0.0	1	0.9
38. Centre du Mexique	0	0.0	6	5.5
39. Mexique occidentale	0	0.0	4	3.7
40. Sud du Mexique	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	17	19.1	25	22.9
FLORE ENDÉMIQUE DES RÉGIONS ARIDES				
41. Mexique et Sud des États-Unis	0	0.0	3	2.8
42. Mexique	0	0.0	0	0.0
SOUS-TOTAL	0	0.0	3	2.8
TOTAL	89	100.0	109	100.0

Tableau 29 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces du fourré de malpais selon les types de distribution (voir paragraphe 2.2. du Chap. V de la Première Partie).

<i>Isochilus</i> aff. <i>linearis</i>	<i>Salvia mexicana</i>
<i>Mentzelia asperula</i>	<i>S. purpurea</i>
<i>Phytolacca icosandra</i>	<i>Senecio mexicanus</i>
<i>Rhynchelytrum roseum</i>	<i>Stevia origanoides</i>

La liste qui suit rassemble des espèces qui restent rares:

<i>Acalypha brevicaulis</i>	<i>Pericalia sessilifolia</i>
<i>Asclepias notha</i>	<i>Pitcairnia pteropoda</i>
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Prionosciadium cuneatum</i>
<i>Castilleja tenuifolia</i>	<i>Salvia lavanduloides</i>
<i>Dahlia tenuicaulis</i>	<i>Tagetes subulata</i>
<i>Daucus montanus</i>	<i>Tradescantia crassifolia</i>
<i>Gibasis linearis</i>	<i>Valeriana sorbifolia</i> var.
<i>Halenia brevicornis</i>	<i>sorbifolia</i>
<i>Lamourouxia multifida</i>	<i>V. urticifolia</i>
<i>Penstemon roseus</i>	<i>Verbena recta</i>

Les plantes herbacées grimpantes et les lianes sont:

<i>Ampelocissus acapulcensis</i>	<i>Gaudichaudia mucronata</i>
<i>Archibaccharis serratifolia</i>	<i>Nissolia microptera</i>
<i>Bomarea hirtella</i>	<i>Phaseolus coccineus</i>
<i>Canavalia villosa</i>	<i>Rhus radicans</i>
<i>Cissus sicyoides</i>	<i>Solandra maxima</i>
<i>Cyclanthera</i> aff. <i>ribiflora</i>	

Les épiphytes qui peuvent être localement abondants sont les Bromeliaceae *Tillandsia* cf. *circinnata* et *T. recurvata* et les Loranthaceae parasites *Struthanthus venetus* ainsi que *Phoradendron falcatum*.

1.2.2. Affinités floristiques

Les genres d'affinités tropicales sont les plus nombreux: au nombre de 52, ils représentent 58.4% du nombre total (Tab. 29). Ceux d'affinités tempérées sont au nombre de 17 (soit 19.1%). Parmi les types de distribution individualisés, celui qui regroupe le plus de genres est l'élément pan-néotropical. Avec 22 genres, il représente près du quart des taxons génériques (Tab. 29). Aucun autre élément n'en regroupe plus de 10%, mais il faut noter que les éléments de large distribution sont parmi les plus importants: 9% des genres sont pantropicaux et dans la flore tempérée, l'élément circumboréal est le plus important avec 5.6% (Tab. 29), le seul genre endémique du Mexique est d'affinité tropicale.



Photo 30 - Malpaís Negro, coulée de lave récente (moins de 2 000 ans); noter la présence d'Opuntia spp. et de quelques plantes herbacées dans les petites dépressions. Malpaís Prieto, municipio Villa Jiménez, 2 220 m.



Photo 31 - Site archéologique du Malpaís Prieto. Noter le degré d'évolution de la végétation: il s'agit de la même coulée que celle de la photo 30. Malpaís Prieto, municipio Villa Jiménez, 2 220 m.

Au niveau spécifique, les affinités tropicales sont encore plus marquées puisqu'elles représentent 63.3% du nombre total d'espèces. La flore tempérée n'y participe que pour 22.9% (Tab. 29). Il faut noter que les espèces endémiques de la zone aride nord-américaine ne sont que 3, soit 2.8%, dont aucune n'est endémique du Mexique. Comme dans le cas des genres, un type de distribution est largement plus représenté que les autres et il s'agit également d'un élément tropical, mais de moins large extension: l'élément mésoaméricain de montagne. L'endémisme du Mexique, avec 36 espèces, représente 33.0% des taxons spécifiques; 58.3% de ces endémiques sont d'affinités tropicales et 41.7%, d'affinités tempérées. Les espèces endémiques du Centre du Mexique, d'une part, et de l'Occident, d'autre part, sont les plus nombreuses.

1.3. Dynamique et succession

Ce fourré constitue au Michoacán, comme dans la Vallée de México (Rzedowski 1954), la dernière étape commune de la succession, avant la divergence de l'évolution vers les communautés végétales à déterminisme climatique. Cependant plusieurs communautés peuvent encore se succéder avant d'aboutir à une végétation stable, probablement un des groupements principaux étudiés, de la forêt de sapins à la forêt tropicale caducifoliée.

Il est intéressant de noter que les nombreuses espèces communes à ce fourré et à la forêt mésophile de montagne sont liées à des sols squelettiques. Par contre, malgré sa physionomie qui le rapproche des fourrés xérophiles du Centre et du Nord du Mexique, leurs espèces communes sont ici peu nombreuses (contrairement à ce que Rzedowski (1954) a observé dans la Vallée de México). L'importance des taxons tropicaux s'explique essentiellement par une particularité microclimatique des coulées de lave: celles-ci, grâce à leur couleur sombre, accumulent la chaleur du rayonnement solaire durant la journée de telle sorte que la température du sol est en moyenne plus élevée que celle de l'air, surtout durant la nuit, où elle diminue plus lentement.

En dehors des coulées de lave, on remarque que bien des espèces qui composent ce fourré sont caractéristiques des sites archéologiques. Elles colonisent les structures monumentales (pyramides et temples) de toute la zone d'étude, quel que soit le site, ce qui découle logiquement de ce que les matériaux utilisés sont des roches volcaniques. Assemblées et superposées, souvent sur plusieurs épaisseurs et de façon plus ou moins régulière, elles créent, après leur abandon, des micro-habitats tout à fait comparables à ceux d'une coulée de lave. La recolonisation s'y déroule, en partant du stade des Ptéridophytes xérophiles: la surface beaucoup plus réduite, mais aussi la plus grande quantité de fractures (qu'elles soient provoquées par les éboulements ou qu'il s'agisse des joints des édifices) par rapport à une coulée de lave, font que la succession y soit beaucoup plus rapide. Le site archéologique du Malpaís Prieto en témoigne de façon évidente: les structures y sont tout à fait intégrées dans la couverture végétale, alors que le malpaís proche est presque exclusivement minéral (photos 30 et 31). De

même, toujours dans ce site, les plates-formes et les espaces non construits, mais toujours plus ou moins aménagés, en sont au même stade de la succession que la coulée plus ancienne: les dépôts de terre remontés de la plaine (qui ont été partiellement lessivés par la suite) et les déchets organiques divers (défécation et déchets domestiques) ont créé un milieu favorable à l'implantation du fourré. Il en résulte actuellement une limite très nette entre le site, couvert d'un fourré, et la partie sans trace d'habitation, dénudée et d'ailleurs surnommée le Malpaís Negro.

2. La végétation aquatique et subaquatique

Dans la Sierra Tarasque, du fait de la nature du sol et du substrat géologique, le réseau hydrique est temporaire (voir la section 2. du Chap. I de la Première Partie). Les retenues d'eau y sont très rares à l'exception, bien entendu, des grands lacs, celui de Pátzcuaro à l'extrême Sud-Est de la zone d'étude et l'ancien lac, maintenant asséché, de Zacapu, au nord de la sierra. Ainsi, en dehors de ces deux stations lacustres, les communautés végétales aquatiques et subaquatiques se développent essentiellement dans la dépression du Lerma, surtout au niveau des réseaux d'irrigation (voir la section 2. du Chap. I de la Première Partie).

Cette végétation est donc liée aux cours d'eau naturels et artificiels et à des étendues d'eau permanentes (lac de Pátzcuaro) ou plus ou moins temporaires, comme des lacs de barrage artificiels et des dépressions hydromorphes où s'accumulent les eaux de ruissellement durant la saison des pluies. Ces dépressions sont constituées par des sols mal drainés, vertisols aux caractères hydromorphes accentués ou sols hydromorphes organiques eutrophes dont les plus étendus se situent dans la ciénega de Zacapu.

Les arbres ripicoles les plus fréquents sont:

Fraxinus uhdei

Salix bonplandiana

Sambucus mexicana

Taxodium mucronatum

Auxquels viennent s'ajouter deux espèces introduites, *Casuarina cunninghamiana* et *Schinus molle*.

Les espèces caractéristiques des bordures, où seul le système racinaire est immergé, sont classées avec celles qui se développent dans des eaux peu profondes au fond desquelles elles sont enracinées et d'où émerge la plus grande partie de la tige érigée:

Aster subulatus

Berula erecta

Bidens aurea

Cirsium velatum

Cosmos bipinnatus

Cynodon dactylon

Cyperus spectabilis

Echinochloa holciformis

Eleocharis acicularis

E. densa

E. macrostachys

E. mamillata

Eragrostis plumbea

Juncus effusus var. *aemulans*

Leersia hexandra
Paspalum distichum
P. lividum
Pennisetum crinitum
Plantago major
Polygonum cf. *lapathifolium*
P. hartwrightii

Polygonum mexicanum
P. punctatum var. *eciliatum*
Polypogon monspeliensis
Ranunculus dichotomus
Scirpus americanus
Typha latifolia
Urtica dioica var. *angustifolia*

Les plantes enracinées au fond mais dont les organes foliaires flottent sont: *Heteranthera* sp., *Marsilea mexicana* et *Hydrocotyle* cf. *umbellata*.

Quant aux espèces flottantes les plus abondantes, ce sont:

Eichhornia crassipes
Heteranthera peduncularis
Lemna minima
Limnobium stoloniferum

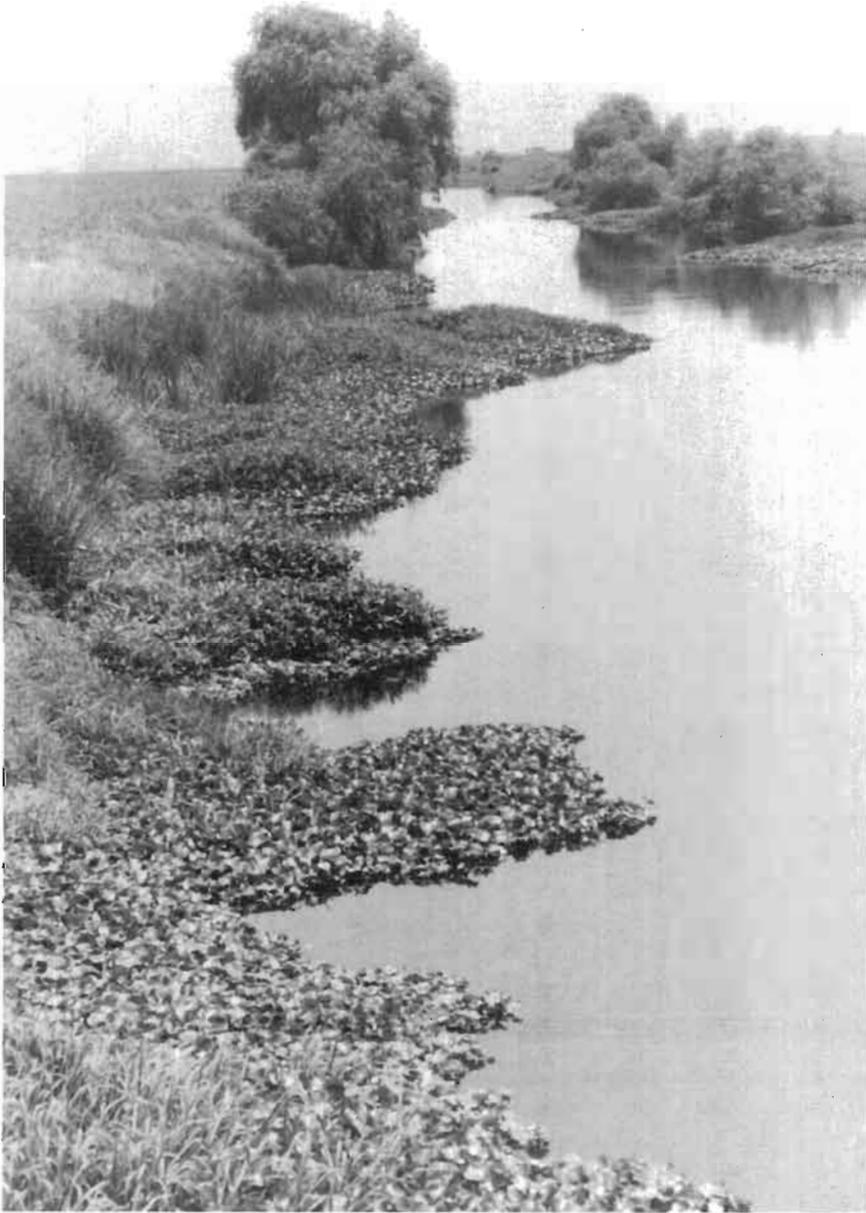
Nymphaea flavo-virens
Nymphoides fallax
Wolffia columbiana

Enfin, parmi les espèces complètement immergées, on peut citer *Utricularia gibba* et *Zannichellia palustris*.

Les eaux stagnantes et peu profondes, souvent temporaires dans de petites dépressions, sont généralement recouvertes par de petites plantes flottantes de *Lemna minima* et/ou de *Wolffia columbiana*. *Eichhornia crassipes*, d'introduction assez récente, est, comme dans de nombreux pays tropicaux, une plante envahissante (photo 32): elle peut recouvrir complètement les canaux d'irrigation, rendant indispensable leur nettoyage régulier. Dans ces canaux où le courant est très faible, et surtout devant un obstacle qui le ralentit encore, un pont par exemple, la surface de l'eau est souvent entièrement couverte d'un tapis de plantes flottantes, plus rarement enracinées. Outre *E. crassipes* on peut y rencontrer *Hydrocotyle* cf. *umbellata*, *Berula erecta* et *Polygonum* spp. (photo 33). Étant donné leurs comportements grégaires, résultant d'un mode de multiplication végétative, par stolons ou par rejets, le tapis est constitué de bandes ou de taches successives, monospécifiques, qui lui donnent un aspect marbré caractéristique.

De façon générale, la flore aquatique est caractérisée par l'importance des taxons cosmopolites et subcosmopolites, jusqu'au niveau spécifique. Il en est de même dans la zone d'étude, où en grande majorité, les genres sont cosmopolites et subcosmopolites (67.7%, Tab. 30).

Si les espèces cosmopolites et subcosmopolites ne sont plus majoritaires, elles sont relativement importantes puisqu'elles représentent tout de même 15.4% du nombre total. En y ajoutant celles qui ont une distribution plus ou moins continue du Nord au Sud du continent américain, le nombre d'espèces qui se développent à la fois en milieu tropical et en milieu tempéré s'élève à 11, soit 28.2%. Cela représente une proportion intermédiaire entre celle des espèces tropicales, qui sont les moins nombreuses, avec



*Photo 32 - Invasion des canaux d'irrigation par Eichhornia crassipes.
Grand canal d'irrigation de la ciénega de Zacapu, près de Tarejero, municipio
Zacapu, 2 000 m.*

Distribution	Genres		Espèces	
	Effectifs	%	Effectifs	%
FLORE COSMOPOLITE ET SUBCOSMOPOLITE	21	67.7	6	15.4
FLORE AMÉRICAINNE	1	3.2	5	12.8
FLORE TROPICALE	5	16.1	9	23.1
FLORE TEMPÉRÉE	4	12.9	13	33.3
AUTRES	0	0.0	6	15.4
Total	31	100.0	39	100.0

Tableau 30 - Affinités géographiques générales de la flore de la végétation aquatique aux niveaux générique et spécifique.

23.1%, et celle des espèces tempérées, qui est de 33.3% (Tab. 30). Notons tout de même que 1 espèce d'affinité tropicale et 3 d'affinité tempérée sont endémiques du Mexique, ce qui représente une proportion de 10.3%.

3. La végétation rudérale

Le terme de rudéral est ici utilisé dans son sens le plus large, c'est-à-dire regroupant essentiellement les communautés rudérales *stricto sensu* et les adventices des cultures. La végétation rudérale est surtout herbacée, cependant de nombreuses espèces arbustives figurent ici, certaines typiquement rudérales (suivies du signe + dans la liste floristique) tandis que d'autres appartiennent à la flore secondaire des différents groupements végétaux du Nord-Ouest du Michoacán. Ces dernières s'implantent rapidement et peuvent prospérer dans les milieux artificiels créés par l'homme.

La liste qui suit donne les espèces arbustives:

Baccharis heterophylla
Brickellia secundiflora
Buddleia parviflora
B. sessiliflora
Caesalpinia aff. mexicana
Croton calvescens
Datura stramonium+
Eupatorium petiolare
Heimia salicifolia

Ipomoea stans
Mandevilla foliosa
Mimosa aculeaticarpa
Montanoa leucantha
Nicotiana glauca+
Odontotrichum sp.
Pisoniella arborescens
Ricinus communis+
Salvia iodantha



Photo 33 - Tapis de plantes aquatiques, flottantes ou plus ou moins enracinées, couvrant un canal d'irrigation juste avant un pont. Noter les taches successives de Polygonum spp. et Eichhornia crassipes en particulier. Grand canal d'irrigation de la ciénega de Zacapu, près de Tarejero, municipio Zacapu, 2 000 m.



Photo 34 - Vue panoramique de la plaine du Lerma depuis l'escarpement de Penjamillo. Cette plaine est entièrement cultivée et irriguée; noter la présence des arbres isolés, pour la plupart des mezquites, Prosopis laevigata.

Sambucus mexicana
Senecio salignus
Senna hirsuta var. *glaberrima*
Verbesina sphaerocephala

Vernonia alamanii
Viguiera dentata
Wigandia urens+

Parmi les espèces rudérales suivantes, celles qui sont marquées du signe * sont également, ou surtout, adventices:

Acourtia reticulata
*Amaranthus hybridus**
Ambrosia psilostachya var. *psilostachya*
Ammania auriculata
Anoda cristata
Argemone ochroleuca ssp. *ochroleuca*
*A. platyceras**
Asclepias contrayerba
A. linaria
Astragalus cf. *ervoides*
Astranthium condimentum
Bidens pilosa
Boerhavia coccinea
Buchnera obliqua
Castilleja tenuiflora
C. tenuifolia
Chamaesyce dioica
*Chloris submutica**
*Cosmos bipinnatus**
Crotalaria longirostrata
*C. pumila**
Cuphea procumbens
Cynodon dactylon
*Cyperus esculentus**
C. incompletus
Digitaria cf. *leucocoma*
Dorstenia drakena
Erigeron delphinifolius
E. longipes
*Gaura coccinea**
Geranium seemannii
Gnaphalium bourgovii
G. inornatum
Heterosperma pinnatum
Hyptis pectinata

Leonotis nepetifolia
Lepechinia caulescens
*Lobelia fenestralis**
L. laxiflora
*Lopezia racemosa**
Lupinus bilineatus
*Malvella leprosa**
Marrubium vulgare
Medicago polymorpha var.
*vulgaris**
*Melampodium divaricatum**
*M. perfoliatum**
*Melilotus indicus**
*Mirabilis jalapa**
Nicandra physaloides
Oenothera rosea
*Parthenium hysterophorus**
Paspalum arsenei
Piptochaetium virescens
*Piqueria trinervia**
*Plantago lanceolata**
*P. major**
Plumbago pulchella
Priva aspera
Proboscidea louisianica ssp.
*fragrans**
*Reseda luteola**
Rhynchelytrum roseum
Rumex crispus
Salvia amarissima
S. clinopodioides
S. longispicata
S. mexicana
S. purpurea
*Setaria geniculata**

Sida rhombifolia
Solanum rostratum
S. umbellatum
*Sonchus oleraceus**
Sporobolus indicus
Stevia viscida

Tagetes tenuifolia
*Tithonia tubiformis**
Trifolium amabile
Tripogandra purpurascens ssp.
purpurascens
Urtica dioica var. *angustifolia*

Les espèces grimpantes et lianescentes suivantes sont également présentes:

Ampelocissus acapulcensis
Clematis dioica
Cologania broussonetii

*Ipomoea purpurea**
*Macroptilium gibbosifolium**
*Sicyos deppei**

Même si 27.2% des genres seulement sont cosmopolites ou subcosmopolites (Tab. 31), ceux qui ont une large distribution sont nombreux. En effet, en plus des 6 genres panaméricains, sur les 48 qui ont une distribution tropicale, près de la moitié (23) sont pantropicaux ou de large distribution (types de distribution 7 à 12, définis à la section 2.2. du Chap. V de la Première Partie), et 16 sont pan-néotropicaux. Par ailleurs, sur 13 genres tempérés, 7 sont communs aux deux hémisphères (types de distribution 23 à 26).

Comme pour les genres, les espèces d'affinités tropicales sont majoritaires, avec une participation de 62.4% (Tab. 31). Les taxons spécifiques cosmopolites et subcosmopolites, encore relativement importants, représentent 8.3% de la flore rudérale. En outre, 3 espèces ont une distribution continue tout le long du continent américain, 23 sont pantropicales ou subpantropicales et 7 ont une distribution qui englobe les deux hémisphères tempérés. Donc au total 33 espèces, soit 30.2%, ont une large distribution. Un grand nombre d'entre elles, surtout les adventices, résultent d'introductions anthropiques récentes (historiques).

Distribution	Genres		Espèces	
	Effectifs	%	Effectifs	%
FLORE COSMOPOLITE ET SUBCOSMOPOLITE	25	27.2	9	8.3
FLORE AMÉRICAINNE	6	6.5	3	2.8
FLORE TROPICALE	48	52.2	68	62.4
FLORE TEMPÉRÉE	13	14.1	19	17.4
AUTRES	0	0.0	10	9.2
Total	92	100.0	109	100.0

Tableau 31 - Affinités géographiques générales de la flore de la végétation rudérale aux niveaux générique et spécifique.

4. La forêt épineuse (mezquital)

La forêt épineuse, dominée par le mezquite, *Prosopis laevigata*, semblait être, comme le suggèrent les individus isolés de cette espèce mais aussi ceux de *Pithecellobium dulce*, la végétation naturelle des sols alluviaux et des vertisols profonds des grandes vallées (photo 34), entièrement réservées à l'agriculture depuis plusieurs siècles. Mais la présence d'une telle forêt épineuse dans la dépression du Lerma, comme dans d'autres régions similaires du Mexique, est en réalité tout à fait hypothétique. De nombreuses questions, concernant en particulier les relations étroites entre la forêt épineuse, ou ses vestiges, et l'agriculture, ont été posées par Rzedowski (1979) sans avoir encore reçu de réponse. Par exemple, la distribution actuelle de la forêt tropicale caducifoliée est en général restreinte au sols sommaires et pierreux des volcans et autres collines. Et pourtant il existe une exception dans la partie méridionale de la péninsule de Basse-Californie: Shreve (1937) y décrit une communauté végétale tout à fait analogue (tant par sa physionomie que par sa composition floristique) aux forêts tropicales caducifoliées du Mexique occidental, qui occupe dans cette région aussi bien les terrains en pente que les surfaces planes aux sols profonds. Aussi Rzedowski (1979) pose-t-il les deux questions suivantes:

Cette situation obéirait-elle au fait que, dans la péninsule, il n'existe pas les conditions propices à l'existence de la forêt épineuse, qui s'observe généralement dans les zones de sols profonds, adjacentes à des versants couverts par la forêt tropicale caducifoliée? Ou serait-il possible que ce qui s'observe encore en Basse-Californie nous révèle la situation qui, antérieurement, existait aussi dans d'autres parties du pays, mais qui a disparu par suite de l'intense utilisation des terrains plats à fins agricoles?

Ces interrogations pourraient être des hypothèses de travail qui, au-delà d'une étude de terrain, demanderaient également une recherche historique (sur les premiers récits de voyage des colons espagnols) et un examen des sources archéologiques.

La présence de la forêt épineuse dans le Nord-Ouest du Michoacán reste donc une supposition. Il faut ajouter que cette forêt hypothétique pourrait être secondaire, et la végétation naturelle serait la forêt tropicale caducifoliée. Dans la carte de la végétation potentielle, la forêt épineuse (suivie d'un ? dans la légende) qui est signalée sur les sols profonds tend surtout à indiquer la différence avec les versants et à faire apparaître sur la carte l'incertitude totale quant à la végétation naturelle. Le parti adopté se justifie aussi par la grande probabilité, étant donné les pratiques agricoles (labourage, utilisation d'engrais ou d'autres produits chimiques...) et la grande tolérance écologique de *Prosopis laevigata*, que ce soit une forêt épineuse claire qui s'installe dans les terrains abandonnés. Si une forêt tropicale caducifoliée devait un jour s'y installer, sa régénération nécessiterait plusieurs dizaines, voire centaines d'années.

CONCLUSION

RELATIONS ENTRE LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

1. Synthèse écologique

Les facteurs climatiques et édaphiques sont étroitement liés dans le déterminisme de la répartition des groupements végétaux. Les caractères physionomiques de la végétation ont permis d'individualiser 5 grandes formations végétales:

- la forêt mésophile de sapins (FMS);
- la forêt de pins, avec un groupement mésophile et un autre thermophile (FMP et FTP);
- la forêt mésophile de montagne avec un groupement de haute altitude et l'autre de basse altitude (FMMH et FMMB);
- la forêt de chênes (FC);
- la forêt tropicale caducifoliée (FTC).

Des aires théoriques d'amplitude écologique ont été mises en évidence à partir des valeurs extrêmes des paramètres mésologiques selon lesquels se développent les groupements végétaux. Le paramètre thermique utilisé est la température du mois le plus froid, en accord avec la classification bioclimatique. Il faut d'abord signaler que les amplitudes écologiques des groupements de la zone d'étude restent tout à fait relatives et que les valeurs absolues de ces paramètres n'ont que peu de sens prises individuellement. En effet, tous ces types de végétation se développent aussi en dehors de la zone d'étude et leurs seuils de tolérance écologique sont en réalité différents de ceux obtenus ici. Pour ne prendre qu'un exemple, la forêt tropicale caducifoliée, au Michoacán, se développe encore à des températures supérieures à 20°C pour le mois le plus froid et avec des précipitations annuelles inférieures à 600 mm. Ce n'est donc que comparativement que les amplitudes écologiques ont un intérêt, pour expliquer la distribution des groupements.

Le diagramme hypso-ombrique (Fig. 53) superpose les aires des groupements les plus secs et de basse altitude (FTC, FTP et FMMB). Au-dessus de 2 000 m, les groupements plus humides ($P > 1\ 000$ mm) sont individualisés en trois ensembles: FC, FMP plus FMMH et FMS. Le diagramme hypso-thermique (Fig. 54) individualise les groupements assez chauds de basses altitudes (FTC, FTP et FMMB), assez frais de moyennes altitudes (FMP, FMMH et FC) et frais de hautes altitudes. On constate que l'amplitude altitudinale des groupements répond à des exigences à la fois thermiques et pluviométriques.

Les aires ombrothermiques (Figs. 53 et 54) montrent que le déterminisme n'est pas seulement climatique, mais que d'autres facteurs écologiques interviennent. Les températures du mois le plus froid et la pluviométrie moyenne annuelle suffisent certes pour expliquer la distribution de:

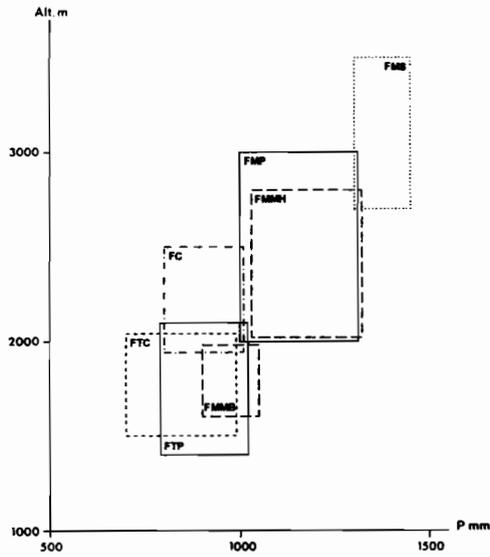


Figure 53 - Aires hypso-ombriques théoriques des groupements végétaux.

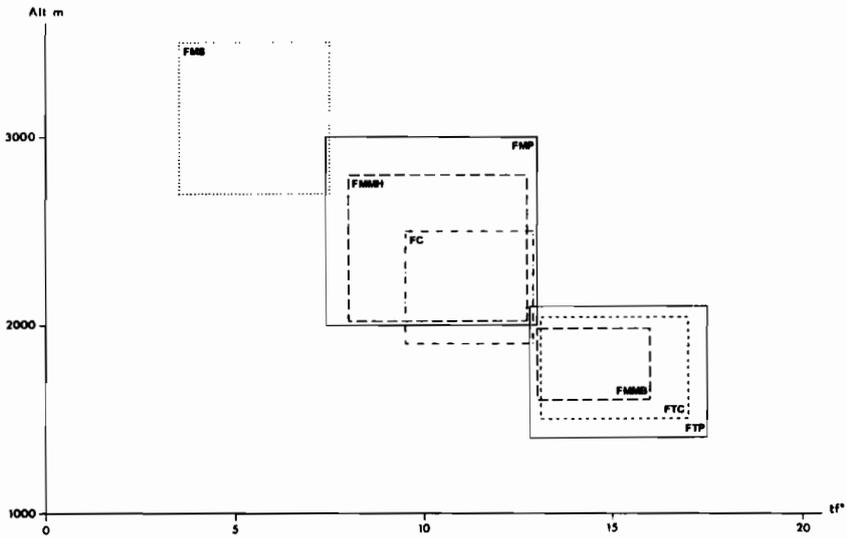


Figure 54 - Aires hypso-thermiques théoriques des groupements végétaux.

- la forêt mésophile de sapins, au-dessus de 2 800 m d'altitude, déterminée par de basses températures ($t_f < 7.5^\circ\text{C}$) associées à des précipitations élevées ($P < 1\,350\text{ mm}$);
- la forêt de chênes, entre 2 000 et 2 500 m d'altitude dans le Nord de la Sierra Tarasque et sur les volcans de la dépression du Lerma, liée à des précipitations comprises entre 800 et 1 000 mm et des températures (t_f) de 9 à 13°C .

Pour les autres groupements, cependant, ce sont d'autres caractéristiques de leurs biotopes qui permettent de comprendre leur distribution: il s'agit de facteurs édaphiques et microclimatiques. Deux ensembles distingués par leur aire ombrothermique seront envisagés successivement.

La forêt mésophile de pins et la forêt mésophile de montagne de haute altitude forment un premier ensemble, déterminé par des températures comprises entre 7.5 et 13°C et des précipitations qui s'étalent de 1 000 à 1 350 ou 1 400 mm. Ces deux groupements ont donc la même amplitude altitudinale, légèrement plus étalée vers les hautes altitudes pour la première (Fig. 53 ou 54). Deux types de facteurs permettent pourtant de différencier ces forêts. Le principal, comme nous l'avons déjà signalé, est microclimatique (présence de brouillards, évapo-transpiration ralentie... voir Chap. III de la Deuxième Partie sur le biotope de ce groupement); il est lié en fait à la topographie (exposition et encaissement essentiellement). Le second est édaphique, la forêt mésophile de montagne se développant surtout sur lithosols et andosols peu profonds et caillouteux. Ces types de sols résultent de la nature du substrat géologique, constitué de roches volcaniques quaternaires, non ou très peu recouvertes par des dépôts cendreux. Là encore, la topographie intervient car l'exposition peut protéger un versant des dépôts éoliens de cendres et les pentes raides faciliter leur évacuation par entraînement hydrique latéral.

Le second ensemble est constitué par les groupements de basse altitude (Figs. 54 et 55), aux températures élevées et aux précipitations plus faibles (Fig. 55). Géographiquement, la forêt thermophile de pins et la forêt mésophile de montagne de basse altitude sont bien séparées de la forêt tropicale caducifoliée. Le facteur déterminant de cette séparation est d'ordre édaphique, la forêt tropicale caducifoliée étant associée à une évolution verticale des sols alors que les deux autres groupements sont liés à une pédogénèse qui évolue entre l'andosolisation et la fersiallisation. Les facteurs discriminants de la distribution de la forêt thermophile de pins et de la forêt mésophile de montagne de basse altitude sont les mêmes que ceux mentionnés pour la forêt mésophile de pins et la forêt mésophile de montagne de haute altitude. La forêt tropicale caducifoliée et la forêt mésophile de montagne de basse altitude peuvent donc se développer toutes deux sur lithosols, à une même altitude où les aires ombrothermiques se chevauchent partiellement (entre 13 et 16°C et 900 et 1 000 mm). Mais ici intervient un autre facteur du mésoclimat (accentué par les conditions microclimatiques), qui est la longueur de la saison sèche (Fig. 56). Effectivement, les aires de répartition de ces deux groupements sont disjointes, l'intensité de la saison sèche étant plus faible pour la seconde que pour la première. On remarque encore sur ce graphique que, même s'il y a chevauchement, la forêt tropicale caducifoliée est caractérisée par une saison sèche moyenne plus intense que la forêt thermophile de pins: ces contrastes

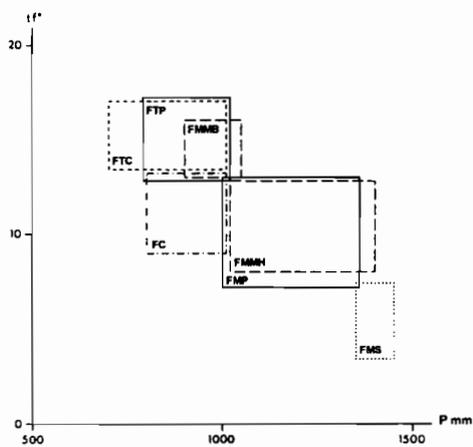


Figure 55 - Aires ombro-thermiques théoriques des groupements végétaux.

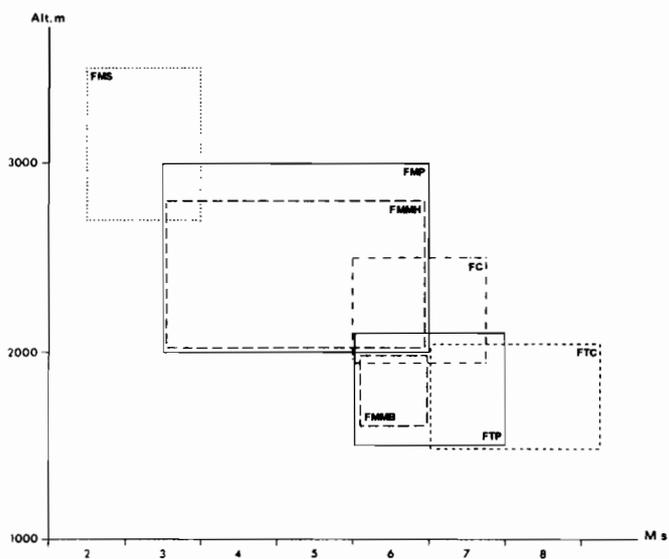


Figure 56 - Aires de distribution théoriques des groupements végétaux par rapport à la durée de la saison sèche et à l'altitude.

saisonniers plus accentués favorisent l'évolution verticale dans la dépression du Lerma.

Les groupements précédents sont déterminés par des facteurs climatiques et édaphiques. Les trois derniers, végétation des coulées de lave récentes, végétation aquatique et végétation rudérale, ont un déterminisme exclusivement édaphique pour les deux premiers et anthropique pour le dernier. Pour la forêt épineuse, la part respective des facteurs édaphiques et anthropiques dans son déterminisme sont incertains (voir la section 4. du Chap. VI de la Deuxième Partie).

La notion d'étage de végétation, comme le signale Puig (1976) pour la Huasteca, s'adapte mal aux conditions écologiques du Mexique en général. Cependant, sur des surfaces plus réduites comme celle de la zone d'étude, des étages régionaux ont une signification. Ainsi le transect de végétation nord-est/sud-ouest (Fig. 57) montre l'étagement de la végétation dû aux bioclimats et aux sols, ces derniers présentant eux-mêmes une zonation altitudinale déterminée par la nature du substrat géologique (roches ou cendres volcaniques plus ou moins récentes) et par le climat. La figure 58 résume les relations climat-sol-végétation.

Les formations qui ne sont représentées que par un groupement végétal montrent une aire écologique qui traduit une coévolution et une individualisation synchrones des couvertures végétales et édaphiques. Les facteurs abiotiques constitués par le climat et la géologie ont une importance équivalente:

- la forêt tropicale caducifoliée est associée à des sols à maturation humique, en relation avec les forts contrastes saisonniers (bioclimat assez chaud, subsec à saison sèche longue). Cette pédogénèse aboutit, selon les conditions stationnelles de drainage, à des sols isohumiques ou vertiques. Cette évolution est réalisée sur des roches volcaniques acido-basiques du Plio-Quaternaire non ou peu recouvertes par des dépôts cendreux quaternaires;
- la forêt de chêne est associée à des sols isohumiques brunifiés tropicaux sur les roches plio-quaternaires. Elle se développe également sur des andosols, sols bruns eutrophes et sols fersiallitiques tropicaux (andosolisation évoluant vers une brunification puis une fersiallisation) sur roches extrusives ou cendres volcaniques du Quaternaire. Ces pédogénèses sont liées à un climat assez frais, subsec, à saison sèche longue;
- la forêt de sapin est associée à des andosols sur laves et cendres volcaniques, sous climat frais, subhumide à saison sèche courte.

Les formations composées de deux groupements ont chacune une amplitude édaphique étroite, qui détermine la formation, alors que l'amplitude bioclimatique est plus large et permet de discriminer les groupements:

- la forêt de pins est associée à une évolution andique des sols sur cendres ou roches volcaniques récentes.

Le groupement mésophile ne se développe que sous climat assez frais à frais, subhumide à saison sèche moyenne à courte. Les conditions d'humidité et de température aboutissent à la formation de véritables andosols.

Par contre, le groupement thermophile a un déterminisme dû à la tendance la plus

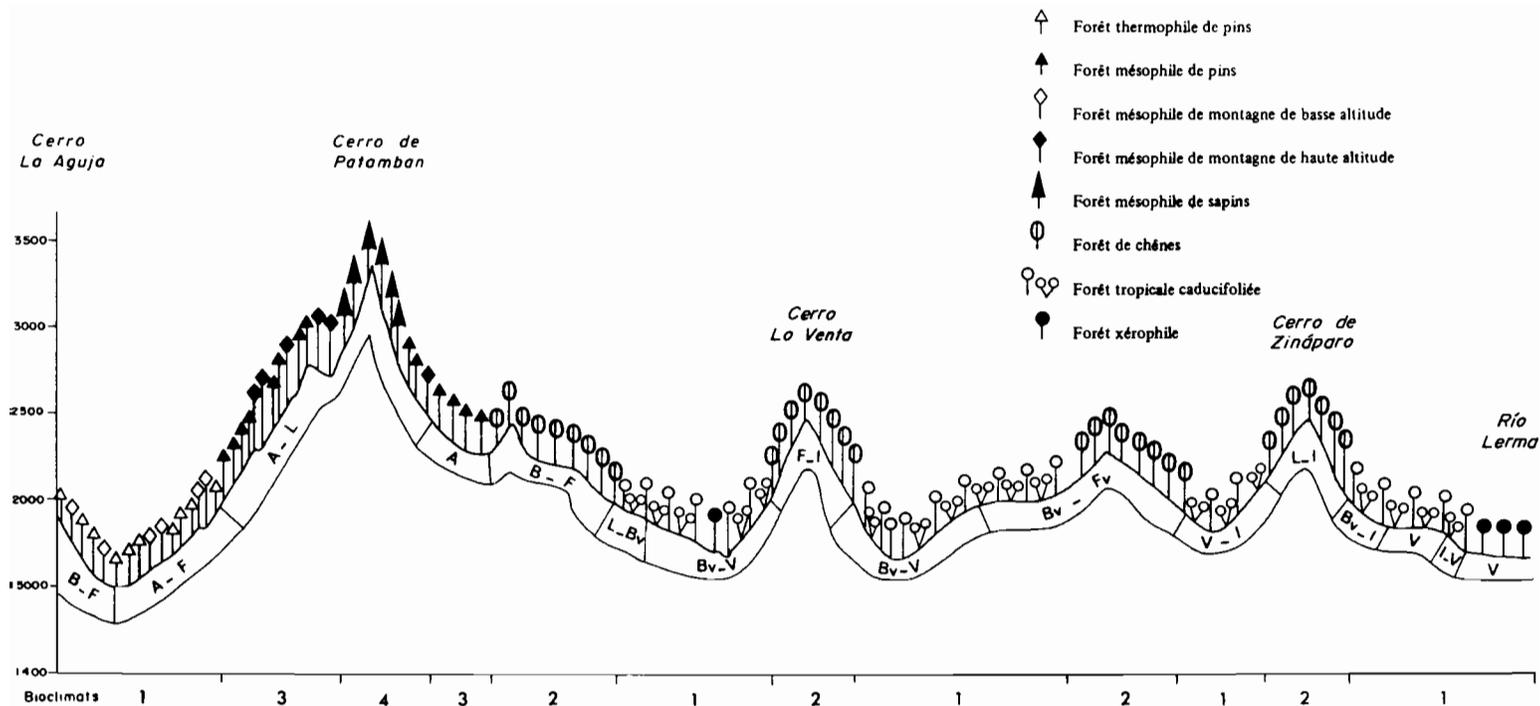


Figure 57 - Transect de végétation NE-SO entre le río Lerma et le cerro La Aguja.

Types de sols: A = andosols; B = sols bruns eutrophes tropicaux; Bv = sols bruns eutrophes tropicaux vertiques; F = sols rouges fersiallitiques tropicaux; Fv = sols fersiallitiques tropicaux vertiques; I = sols isohumiques brunifiés tropicaux; L = lithosols; V = vertisols.

Types de bioclimats: 1 = climat tropical assez chaud, subsec, à saison sèche longue; 2 = climat tropical montagnard assez frais, subsec, à saison sèche longue; 3 = climat tropical montagnard assez frais, subhumide, à saison sèche moyenne; 4 = climat tropical montagnard frais, subhumide, à saison sèche de moyenne à courte.

5 4 3 2 1 0 10 20 km

	P	FTC	FC	FMP	FTP	FMM	FMS	VCL	VR	VA
P	188									
FTC	110	422								
FC	48	90	269							
FMP	15	34	84	170						
FTP	15	30	37	33	90					
FMM	2	15	30	50	21	132				
FMS	1	4	13	27	6	22	51			
VCL	15	39	48	26	11	17	7	109		
VR	28	37	34	34	9	7	3	14	109	
VA	3	3	0	0	0	1	0	0	3	39

Tableau 32 - Nombre d'espèces communes entre les groupements végétaux de la région.

humide du bioclimat assez chaud, subsec à saison sèche longue. Des températures plus élevées et une saison sèche plus longue favorisent l'évolution des andosols vers les sols bruns eutrophes tropicaux, par argilisation et brunification, puis vers les sols rouges fersiallitiques tropicaux, par argilisation et désilicification.

La forêt mésophile de montagne est associée à des sols minéraux peu évolués et à des conditions microclimatiques plus humides, avec un groupement, assez frais, de haute altitude et un deuxième, assez chaud, de basse altitude.

2. Relations floristiques

Pour la série dynamique de la forêt tropicale caducifoliée, les espèces des prairies d'une part, et des fourrés et forêts d'autre part, ont été séparées afin de mettre en évidence les premiers stades herbacés par opposition aux stades arbustifs et arborés. Les deux groupements de la forêt mésophile de montagne n'ont pas été individualisés étant donné l'inventaire incomplet de celui de basse altitude (voir la section 4.1.2. du Chap. III de la Deuxième Partie).

Le tableau 32 donne le nombre des espèces communes aux différents types de végétation.

Pour estimer les ressemblances floristiques entre les différents groupements, des indices de similitude (Tab. 40) ont été calculés en utilisant la formule de Sorensen (1948):

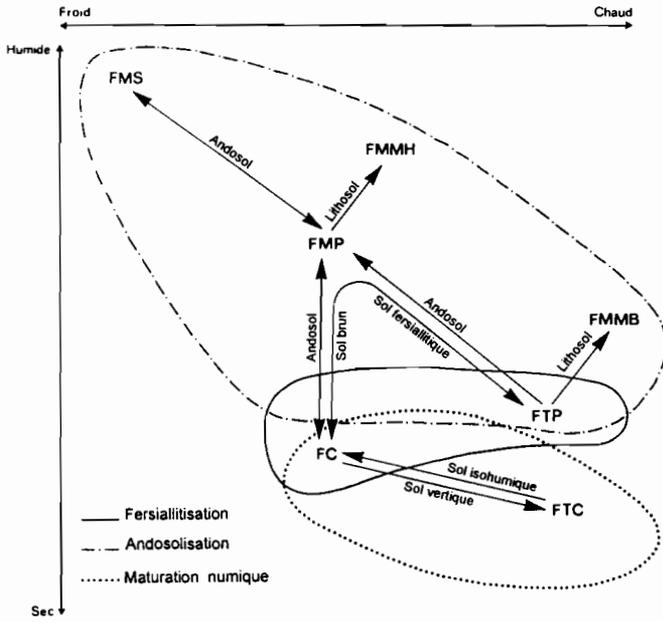


Figure 58 - Schéma des relations sol-végétation-climat.

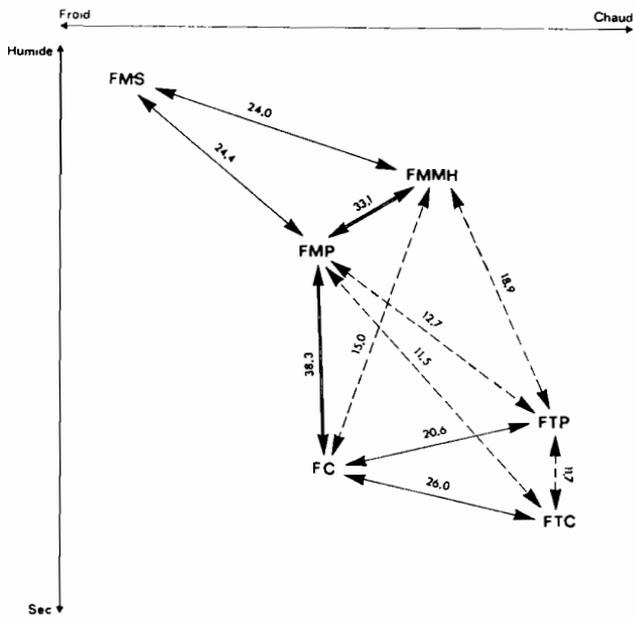


Figure 59 - Similitudes floristiques entre les groupements.

	P	FTC	FC	FMP	FTP	FMM	FMS	VCL	VR	VA
P	100									
FTC	36.1	100								
FC	21.0	26.0	100							
FMP	8.3	11.5	38.3	100						
FTP	10.8	11.7	20.6	12.7	100					
FMM	1.2	5.4	15.0	33.1	18.9	100				
FMS	0.8	1.7	8.1	24.4	8.5	24.0	100			
VCL	10.1	14.7	25.4	18.6	11.1	14.1	8.7	100		
VR	18.9	13.9	18.0	12.2	9.0	5.8	3.7	12.8	100	
VA	2.6	1.3	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	2.0	100

Tableau 33 - Matrice de similitude entre les groupements végétaux de la zone d'étude.

$$S = \frac{2C}{A + B} \times 100 \text{ en \%}$$

où

A = nombre d'espèces du groupement A

B = nombre d'espèces du groupement B

C = nombre d'espèces communes au deux groupements.

La similitude floristique est logiquement élevée entre les prairies secondaires et les fourrés et forêts tropicaux caducifoliés.

Les indices de similitude entre la végétation des coulées de lave, ou la végétation rudérale ou surtout la végétation aquatique et les autres groupements restent faibles (inférieurs à 20%)⁴⁶. Cela montre l'importance dans ces groupements des espèces caractéristiques, qui ont une amplitude écologique étroite, liée à un type de substrat bien défini.

Pour les groupements à déterminisme édapho-climatique, le schéma de la figure 58 a été repris en y indiquant les indices de similitude supérieurs à 10%: ils relient entre eux les types de végétation (Fig. 59).

Les similitudes floristiques ne sont élevées (supérieures à 30%) qu'entre la forêt mésophile de pins et la forêt de chênes, d'une part, et entre cette première et la forêt mésophile de montagne, d'autre part. La relative unité floristique de ces groupements

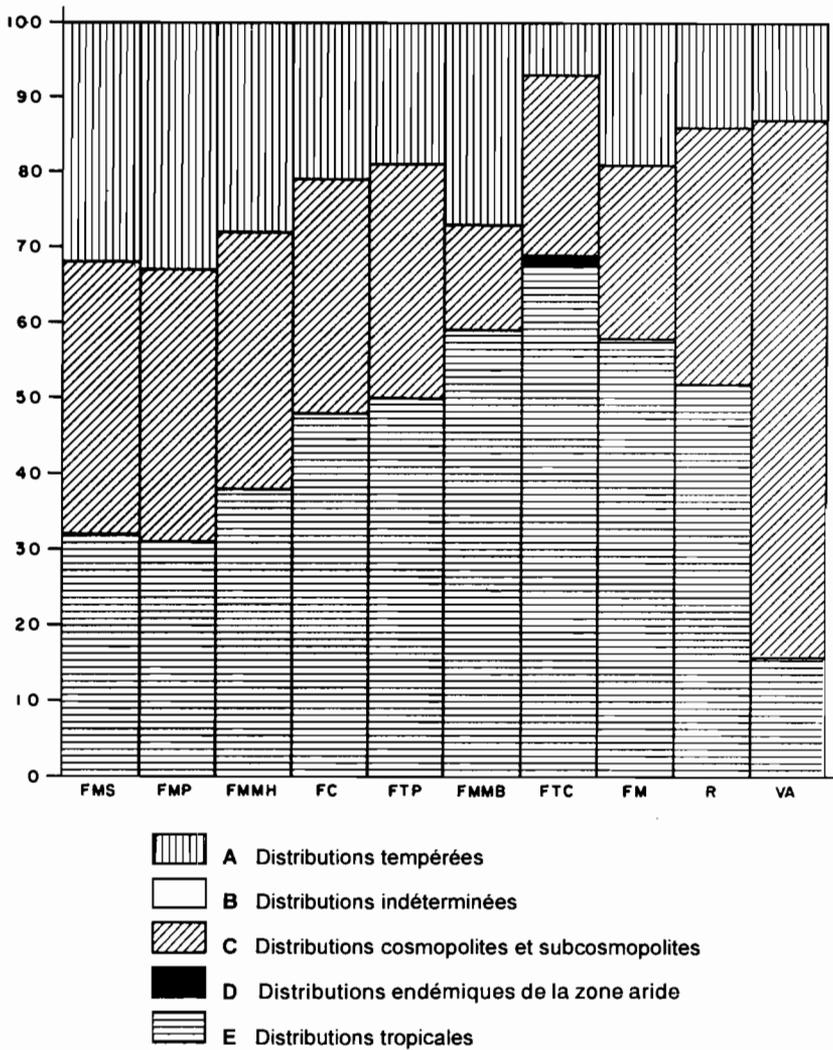


Figure 60 - Affinités floristiques générales des groupements végétaux au niveau générique.

est liée à leur position intermédiaire par rapport aux facteurs climatiques; la forêt mésophile de sapins, à l'écologie plus froide et humide, reste en relation seulement avec les deux groupements dont les facteurs climatiques sont plus proches, la forêt mésophile de pins et la forêt mésophile de montagne (similitude comprise entre 20 et 30%). Ces trois derniers groupements sont liés au processus d'andosolisation.

Du côté plus sec et chaud de la figure, ce sont les forêts tropicales caducifoliées et thermophiles de pins qui montrent des relations floristiques nettes avec la forêt de chênes (similitude comprise entre 20 et 30%). La première correspond au processus pédologique de la maturation humique et la seconde à ceux de l'andosolisation et de la fersiallisation. La forêt de chênes a une amplitude édaphique assez large puisqu'elle peut se développer avec ces trois types de pédogénèse (Fig. 58).

En nombre absolu d'espèces, les relations floristiques les plus importantes, avec 80 à 90 espèces communes (Tab. 33), sont celles qui existent entre la forêt tropicale caducifoliée et entre la forêt de chênes, d'une part, et entre la forêt de chênes et la forêt de pins mésophile, d'autre part, ce qui souligne encore la position intermédiaire de la forêt de chênes, tant pour l'amplitude des conditions climatiques et édaphiques que du point de vue floristique.

3. Affinités floristiques

Au niveau générique, les affinités floristiques des groupements végétaux sont données dans la figure 60. Pour les 6 groupements édapho-climatiques, regroupés dans la partie gauche du schéma, on observe une diminution générale du nombre relatif des genres tempérés avec l'altitude. Corrélativement, il y a une augmentation de celui des genres tropicaux. Ces variations ne sont pas linéaires mais se font par paliers successifs.

Un premier palier est constitué par les forêts mésophiles de sapins et de pins: les genres tropicaux et tempérés sont en proportions équivalentes (31 à 33%) et les genres cosmopolites sont les plus nombreux (36 à 37%). Ce sont les groupements dont les températures atteignent les valeurs les plus basses.

Le deuxième ensemble est constitué par les groupements où la proportion de genres tropicaux est la plus élevée tout en restant inférieure ou égale à 50% (comprise entre 38 et 50%). La forêt mésophile de montagne de haute altitude a des affinités floristiques intermédiaires entre celles des groupements qui forment le premier palier et celles de la forêt de chênes et de la forêt thermophile de pins. Dans ces deux derniers, les pourcentages de genres tropicaux et tempérés sont équivalents (respectivement près de 50 et de 20% dans chacun d'eux).

La forêt mésophile de montagne de basse altitude, avec des proportions de genres tempérés de 27% et tropicaux de 59%, a des affinités floristiques qui se situent entre celles des forêts de moyenne altitude et celles de la forêt tropicale caducifoliée. Cette dernière est caractérisée par des proportions faibles de genres tempérés (< 10%) et élevées de tropicaux (68%).

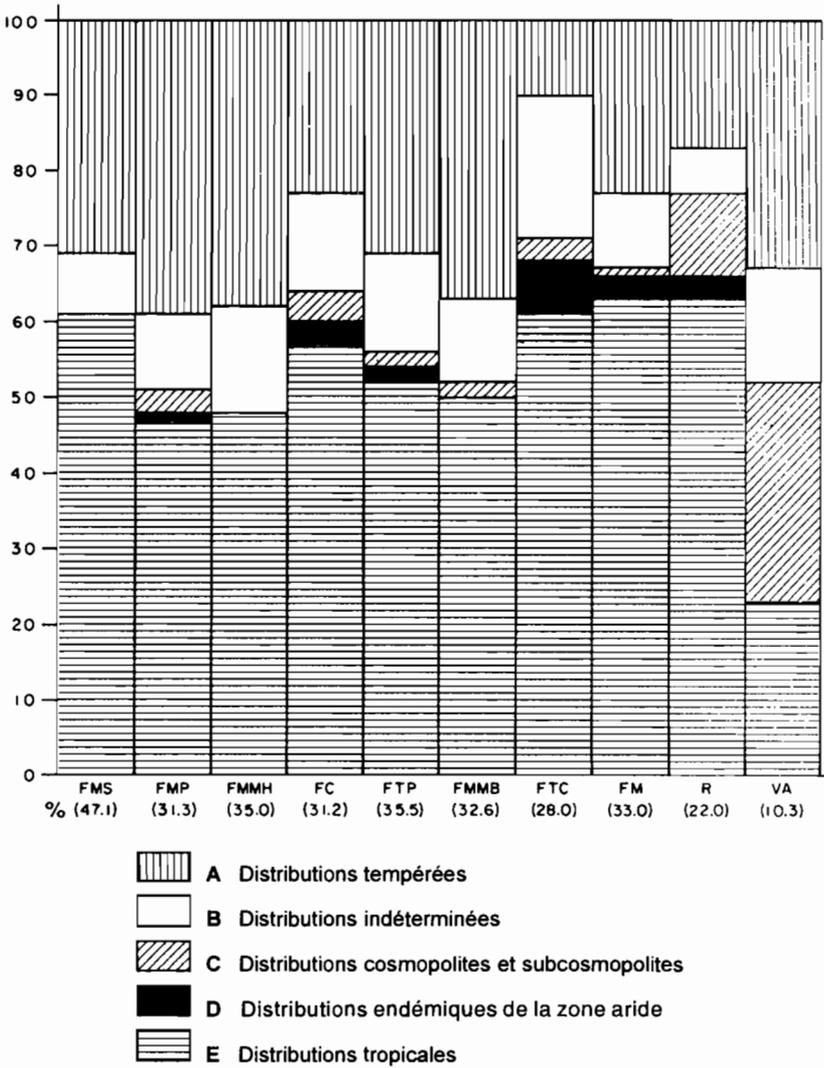


Figure 61 - Affinités floristiques générales des groupements végétaux au niveau spécifique. Les nombres entre parenthèses indiquent le pourcentage d'espèces endémiques du Mexique dans la flore de chaque groupement.

Au niveau spécifique, les différences d'affinités floristiques entre les groupements (Fig. 61) ne sont plus aussi nettes que pour les genres. Le pourcentage élevé d'espèces tropicales dans la forêt de sapins résulte, en fait, de la forte proportion d'espèces endémiques du Mexique tropical montagnard et d'espèces dont la distribution est réduite aux montagnes mésoaméricaines. La plupart d'entre elles appartiennent à des genres cosmopolites ou subcosmopolites. D'autres ont été considérées comme tropicales, même si elles appartiennent à des genres ou à des familles plutôt tempérées, car elles ont une distribution uniquement tropicale. Dans les autres groupements, qui ne se développent que dans la Sierra Tarasque, les espèces d'affinités tropicales et tempérées sont présentes dans des proportions équivalentes, de 46 à 52% et 31 à 39% respectivement.

La forêt tropicale caducifoliée présente une affinité floristique tropicale évidente. Il faut du reste signaler qu'en raison du pourcentage élevé (13.4%) des distributions non déterminées, cette proportion d'espèces tropicales est sous-évaluée: elle devrait atteindre une valeur proche de 80%. Le nombre d'espèces endémiques de la zone aride nord-américaine, bien que significatif (il représente 7% du nombre total d'espèces), reste faible dans ce groupement.

Les affinités floristiques de la forêt de chênes, au niveau spécifique, sont intermédiaires entre celles de la forêt tropicale caducifoliée et celles des groupements de la Sierra Tarasque. Elle est caractérisée par une proportion élevée d'espèces tropicales (56.5%) et un pourcentage d'espèces tempérées moyen (23.1%), comparativement à ceux des autres groupements.

L'endémisme spécifique est élevé dans la forêt mésophile de sapins (47.1%); c'est le reflet d'une spéciation importante dans ce groupement végétal, qui peut s'expliquer par les conditions climatiques (thermiques) sévères et par le fait que l'aire de répartition de ce type de végétation est très discontinue au Mexique, ces deux particularités étant des facteurs de spéciations. À l'inverse, cet endémisme est plus faible dans la forêt tropicale caducifoliée, car les espèces tropicales mésoaméricaines, ou plus généralement néotropicales, ont pu remonter le long de la façade occidentale du Mexique sans rencontrer de grandes discontinuités climatiques ou géographiques. Dans les autres groupements forestiers, comme aussi dans la végétation des coulées de lave récentes, les taux d'endémisme équivalents sont compris entre 31 et 36%. Pour chacun d'eux, les facteurs de spéciation signalés antérieurement existent mais à un degré moindre que dans le cas de la forêt de sapins (conditions climatiques moins sévères et aires de distribution constituées par de plus grandes surfaces uniformes).

4. Relations structurales

Les variations de la densité totale et de la surface terrière totale, non seulement entre les groupements, mais également à l'intérieur de chacun d'eux, sont données dans la figure 62.

La densité totale par hectare est assez homogène dans les forêts de conifères (sapins

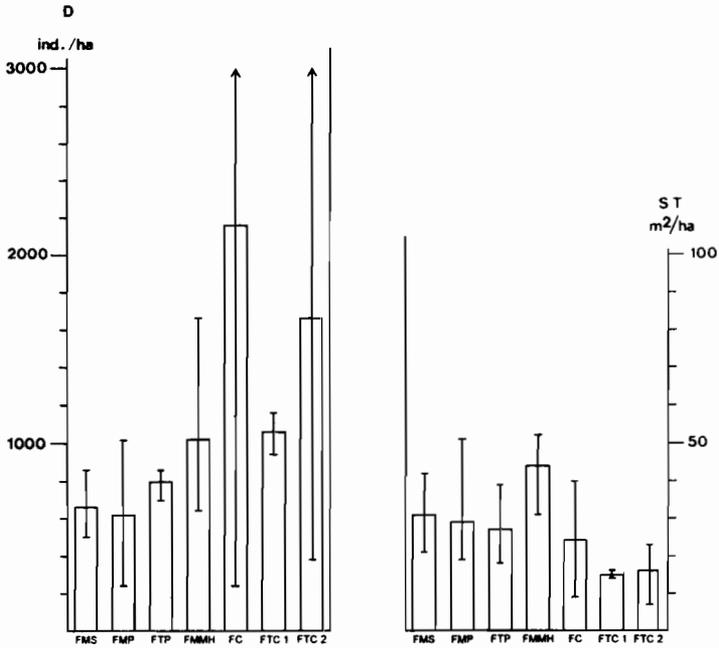


Figure 62 - Densités et surfaces terrières des groupements végétaux.

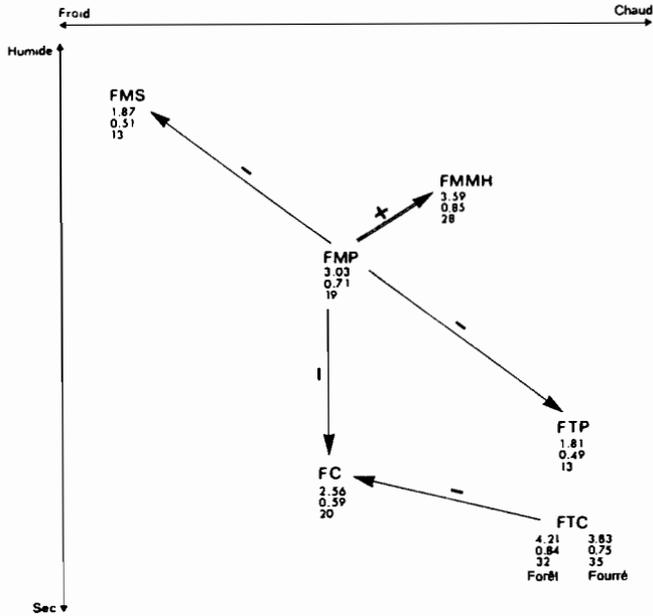


Figure 63 - Evolution de la diversité floristique entre les groupements végétaux.

et pins), la moyenne minimale se trouvant dans la forêt thermophile de pins. L'amplitude des variations de la densité est relativement forte (tant en valeur absolue qu'en valeur relative) puisqu'elle reste comprise, comme pour la forêt mésophile de pins, entre 232 et 1 024 ind./ha.

Par contre, la densité totale moyenne est supérieure dans la forêt mésophile de montagne, pour une amplitude maximale de variation qui atteint des valeurs absolues (maximum de 1 664 et minimum de 632) supérieures à celles qu'on observe dans les forêts de conifères.

La forêt tropicale caducifoliée et surtout la forêt de chênes sont en moyenne beaucoup plus denses (densité totale moyenne supérieure à 1 300 ind./ha) que les forêts précédentes. En valeurs absolues et relatives, leurs amplitudes de variation sont beaucoup plus grandes (de 280 à 5 075 ind./ha pour les forêts de chênes et de 372 à 3 225 ind./ha pour les forêts et fourrés tropicaux caducifoliés). On constate ici les énormes différences qui existent entre les densités des différents stades, anthropisés, de la régénération de ces deux groupements.

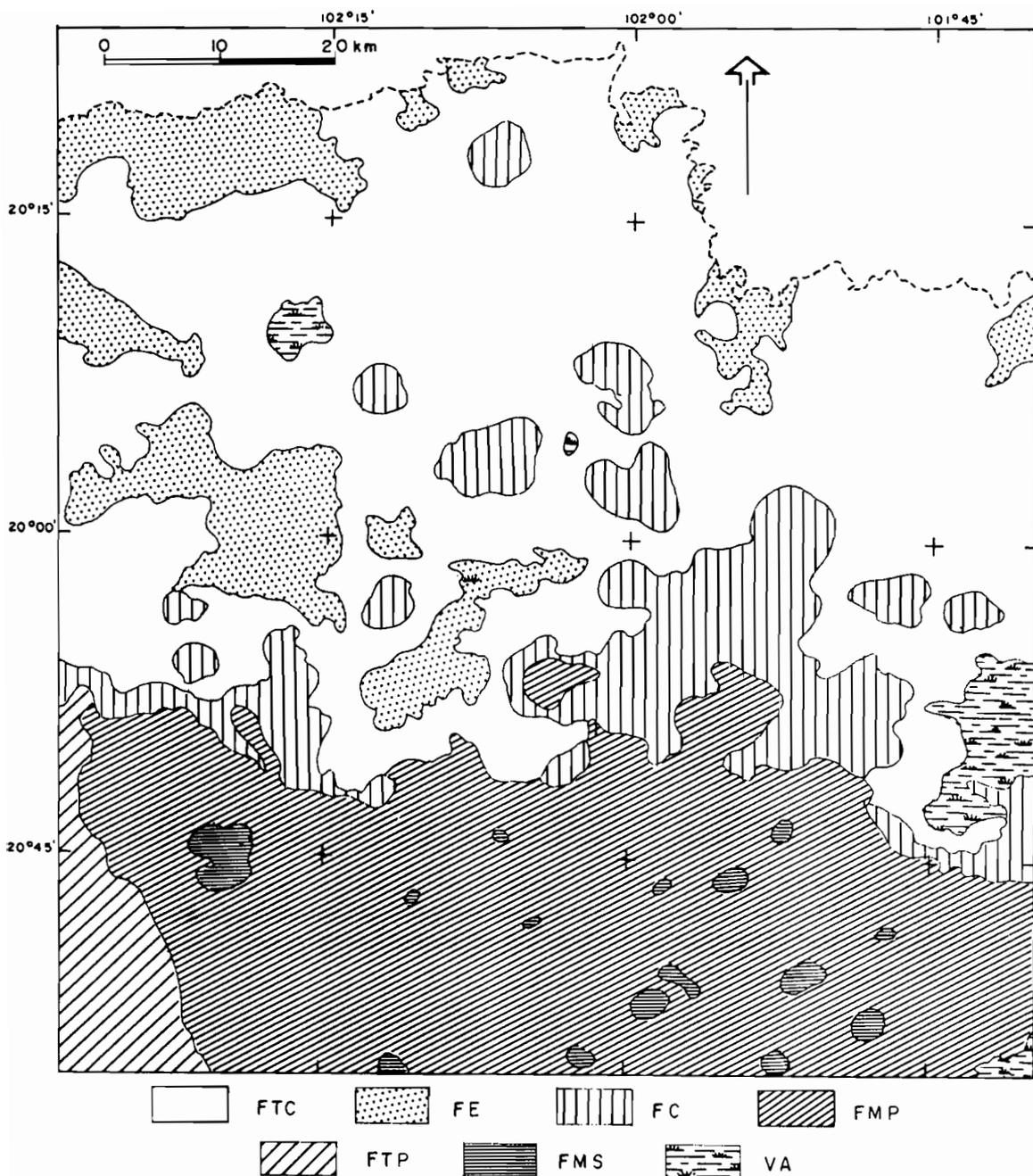
Les valeurs de la surface terrière totale sont caractérisées, dans tous les groupements, par une assez faible amplitude de variation. La forêt mésophile de pins présente une exception, due à l'aménagement sylvicole poussé d'un des peuplements étudiés (voir la section 2.4. du Chap. II de la Deuxième Partie). Ces faibles variations intra-groupements de la biomasse arborée et arbustive manifestent une exploitation optimale par la végétation des ressources énergétiques et minérales disponibles dans un biotope donné, de telle sorte que cette biomasse, malgré les fortes perturbations anthropiques, se maintient globalement en équilibre avec les ressources abiotiques disponibles de l'écosystème.

Les forêts de conifères sont caractérisées par des biomasses arborées équivalentes, même s'il existe une faible décroissance, allant des groupements les plus humides et frais aux groupements les plus secs et chauds: 31.5 m²/ha pour la forêt de sapins, 29.0 m²/ha pour la forêt mésophile de pins et 26.9 m²/ha pour la forêt thermophile de pins.

En comparant les surfaces terrières totales, on met en évidence une diminution régulière et faible de la biomasse arborée de la forêt de sapins et de la forêt mésophile de pins vers la forêt thermophile de pins et la forêt de chênes, pour aboutir, avec une baisse plus rapide, à la forêt tropicale caducifoliée. Cette diminution peut être mise en relation avec des conditions édapho-climatiques de plus en plus sévères (intensité de la sécheresse, essentiellement). Le cas de la forêt mésophile de montagne est particulier puisqu'elle possède la surface terrière moyenne la plus élevée. Cette forêt, par son déterminisme édapho-climatique stationnel (il s'agit de sites protégés, où les contrastes climatiques sont atténués), élabore une biomasse arborée épigée élevée par rapport aux autres groupements.

Avant de comparer les diversités floristiques, on notera les différences entre les groupements pour les espèces dont les paramètres structuraux ont les valeurs les plus élevées.

Ces paramètres structuraux résument la physionomie générale des groupements; le nombre et la nature des espèces les plus importantes sont les éléments marquants



Carte de la végétation potentielle du Nord-Ouest du Michoacán. La forêt mésophile de montagne et la végétation des coulées de lave récentes, comme la végétation rudérale, ne sont pas signalées sur cette carte car leurs extensions sont trop faibles pour figurer à cette échelle.

FTC = forêt tropicale caducifoliée; FE = forêt épineuse (?); FC = forêt de chênes;
 FMP = forêt mésophile de pins; FTP = forêt thermophile de pins; FMS = forêt mésophile de sapins; VA = végétation aquatique.

d'un type de végétation; on rejoint ici la notion d'espèce dominante telle que l'avait conçue Flahault et telle que l'entend Godron 1983); mais, l'indice de valeur d'importance permet, par ses trois composantes quantitatives, d'avoir une caractérisation objective d'un peuplement et d'un groupement arborés ou arbustifs.

La forêt de sapins est caractérisée par l'importance élevée d'*Abies religiosa*, par sa densité, sa fréquence et sa dominance. Deux autres espèces ont un $IVI > 10\%$, mais largement moins élevé que celui du sapin: *Quercus laurina* et *Pinus pseudostrobus*; cette dernière étant pourtant très peu dense et assez rare, représentée par de grands individus. Cette forêt est donc uniforme et marquée physionomiquement par le sapin.

Dans la forêt mésophile de pins, 4 espèces ont un indice de valeur d'importance supérieur à 10%. *Pinus leiophylla* est la plus importante ($IVI_k = 29.3\%$), tant par sa densité que par sa fréquence ou sa dominance. Les trois autres ont des IVI_k compris entre 11 et 12%, mais parmi ces dernières, l'une, *Pinus pseudostrobus*, est beaucoup moins fréquente que les deux autres, *Pinus teocote* et *Pinus montezumae*. *Alnus jorullensis* spp. *jorullensis* et *Quercus obtusata* peuvent être relativement denses et fréquentes mais représentent une proportion faible de la biomasse arborée érigée. Étant donné l'importance des espèces de pins, ce groupement est physionomiquement homogène.

Ce qui caractérise la forêt thermophile de pins est l'importance de *Pinus oocarpa* ($IVI_k = 59.1\%$), mais aussi de *Pinus douglasiana*. Ce sont les deux seules espèces dont les trois paramètres structuraux relatifs sont supérieurs à 10%. Cette forêt est, comme la précédente, très marquée physionomiquement par le genre *Pinus* raison pour laquelle elles ont été regroupées en une même formation à l'étagement altitudinal ample.

La forêt de chênes ne possède pas d'espèces dont l'indice de valeur d'importance soit très élevé, mais on y recense 5 espèces dont l' IVI_k compris entre 10 et 21%. Ce sont: *Quercus sideroxylla*, *Q. obtusata*, *Q. deserticola*, *Q. subspathulata* et *Q. castanea*. Il s'agit d'un groupement qui montre une physionomie homogène par la présence des chênes, tout en étant floristiquement et structurellement hétérogène.

Dans la forêt mésophile de montagne, 4 espèces ont un $IVI > 10\%$, mais aucune ne dépasse 13.2%. Trois d'entre elles sont des arbres hauts: *Pinus pseudostrobus* est peu fréquent et peu dense, mais sa surface terrière moyenne est élevée, alors qu'*Abies religiosa* et *Quercus laurina* offrent trois paramètres structuraux équivalents. La dernière des quatre, *Ternstroemia pringlei*, est un petit arbre relativement dense, dont la distribution est régulière mais dont la participation à la biomasse arborée érigée reste faible. Trois autres espèces, dont une seule des trois paramètres est supérieur à 10%, peuvent être signalées: l'une est particulièrement dense, *Styrax ramirezii*, une autre fréquente, *Symplocos prionophylla*; toutes deux sont des arbres bas; la dernière, *Quercus subspathulata*, présente une biomasse relativement élevée

Dans les fourrés secondaires de la forêt tropicale caducifoliée, *Ipomoea murucoides* est individualisée par son IVI_k de 32.2%, alors que toutes les autres espèces ont des valeurs inférieures à 10%. *Eysenhardtia polystachya* est assez fréquente mais relativement peu dense et, surtout, sa surface terrière reste faible. De même, si *Lysiloma microphyllum* peut être relativement dense, sa distribution spatiale est irrégulière.

Quant aux forêts tropicales caducifoliées, deux espèces seulement y ont un IVI_k

compris entre 10 et 11%, mais, à fréquence égale, *Acacia pennatula*, est relativement plus abondante que dominante alors qu'*Heliocarpus terebinthaceus* a des paramètres structuraux beaucoup plus équilibrés.

Observation classique au sujet des communautés terrestres (voir entre autres Begon *et al.* 1986), l'évolution de la diversité floristique est plus en relation avec la sévérité des facteurs écologiques édapho-climatiques (Fig. 63), qui provoque des stress physiologiques, que directement avec l'altitude. Effectivement, dans les groupements de la Sierra Tarasque, liés aux andosols et aux sols bruns et fersiallitiques, la diversité diminue de la forêt mésophile de pins vers les deux extrêmes climatiques. Dans le premier des deux, la forêt mésophile de sapins, les basses températures sont responsables d'un stress physiologique pour les espèces tandis que dans le second, la forêt thermophile de pins, aux conditions d'humidité plus sévères s'ajoutent les températures élevées également stressantes pour les genres tempérés comme *Pinus* et *Quercus*, qui sont les plus importants.

La forêt mésophile de montagne est caractérisée par une plus grande diversité floristique: cette forte augmentation de la diversité, à la même altitude que les forêts de pins, peut s'expliquer par les faibles variations climatiques annuelles, mais aussi journalières, des biotopes protégés où elle se développe; cela facilite l'implantation d'un plus grand nombre d'espèces, d'origines tropicale et tempérée.

La forêt de chênes, aux caractéristiques édapho-climatiques intermédiaires entre celles de la forêt mésophile de pins et celles de la forêt tropicale caducifoliée, a une diversité floristique plus faible que chacune d'elles. D'une part, les faibles températures constituent un facteur limitant pour les espèces tropicales. D'autre part, les facteurs hydriques sont également limitants pour certaines espèces d'origine tempérée (comme *Pinus*).

C'est la forêt tropicale caducifoliée qui présente la diversité maximale, ce qui s'explique essentiellement par les températures élevées caractérisant ce groupement. Il existe toutefois une légère différence entre les fourrés et les forêts, les premiers, bien que plus riches en espèces, ayant un indice de diversité et, surtout, une équitabilité moins élevés. Cette diversité floristique plus faible est due, dans ces communautés très perturbées, à une répartition plus irrégulière de l'effectif total entre les différentes espèces présentes.

Note

- 46 Sauf dans le cas de la végétation des coulées de lave et de la forêt de chênes, ce qui peut s'expliquer par le fait que le principal site d'échantillonnage de la première a été le Malpaís de Zacapu, situé dans la zone écologique de la forêt de chênes.

ANNEXE

Liste floristique des espèces du Nord-Ouest du Michoacán ordonnées par familles. Les noms vernaculaires marqués de * sont ceux que mentionne Martínez (1979) pour le Michoacán.

Acanthaceae

Dicliptera peduncularis Nees
Dyschoriste capitata (Oerst.) O. Ktze.
Dyschoriste microphylla (Cav.) O. Ktze.
Elytraria imbricata (Vahl) Pers.
JNL 840
Jacobinia mexicana Seem.
Justicia furcata Jacq.
Justicia salviiflora H.B.K.
Ruellia albiflora Fernald
Ruellia lactea Cav.
Ruellia nudiflora (Engelm. & Gray) Urban
Tetramerium hispidum Nees; "olotillo*"

Amaranthaceae

Amaranthus hybridus L.; "shacua*"
Gomphrena decumbens Jacq.
Iresine celosia L.
Iresine sp.1
Iresine sp.2

Amaryllidaceae

Agave cf. *atrovirens* Karw. ex Salm.; "maguey"
Agave cf. *cupreata* Trel. & Berger; "maguey, maguey bravo*"

Bomarea hirtella (H.B.K.) Herb.; "enchiladas, granadita*"
Bravoa geminiflora Llav. & Lex.
Hypoxis mexicana Schultes
Hypoxis sp.
Manfreda brachystachya (Cav.) Rose
Zephyranthes carinata Herb.; "flor de San Nicolás"

Anacardiaceae

Pistacia mexicana H.B.K.; "lentrisco, palo chino"
Rhus radicans L.; "huembericua"
Rhus trilobata Nutt.; "contra huembericua"
Schinus molle L.

Annonaceae

Annona cherimola Miller; "chirimoya, uruata*"

Apiaceae

Arracacia atropurpurea (Lehm.) Benth. & Hook.; "quelite de venado"
Berula erecta (Hudson) Coville
Daucus montanus Humb. & Bonp. ex Schult.
Donnellsmithia juncea (Humb. & Bonpl.) Math. & Const.
Eryngium carlinae Delar. f.; "hierba del sapo"
Eryngium heterophyllum Engelm.
Eryngium pectinatum Presl; "hierba del golpe"
Eryngium sp.
Hydrocotyle cf. *umbellata* L.
 JNL 1848
 JNL 1876
Micropleura renifolia Lagasca; "agritu"
Osmorrhiza mexicana Griseb.
Prionosciadium cuneatum Coulter & Rose
Rhodosciadium pringlei S. Wats.
Rhodosciadium purpureum (Rose) Math. & Const.; "pipirirakua"
Rhodosciadium toluicense (H.B.K.) Math.
Tauschia nudicaulis Schl.; "xacuamortasa"

Apocynaceae

Macrosiphonia hypoleuca (Benth.) Muell. Arg.; "flor de San Juan, huirambo"
Mandevilla foliosa (Muell. Arg.) Hemsl.; "cucaracha"

Aquifoliaceae

Ilex brandegeana Loes.

Araceae

Arisaema macrospatum Benth.

Araliaceae

Aralia humilis Cav.; "reventador"
Oreopanax echinops (Schlecht. & Cham.) Decne. & Planchon

Asclepiadaceae

Asclepias contrayerba Sessé & Mociño
Asclepias curassavica L.
Asclepias glaucescens H.B.K.
Asclepias linaria Cav.; "talayote del coyote"
Asclepias notha W.D. Stevens
Asclepias ovata Mart. & Gal.
Cynanchum foetidum (Cav.) H.B.K.
Gonolobus uniflorus H.B.K.; "chichis de burra"
 JNL 1749
Mateleia chrysantha (Greenm.) Woodson; "alesnilla"
Mateleia macvaughiana W.D. Stevens, ined.
Mateleia sp.
Pherotrichis balbisii (Decne.) A. Gray
Sarcostemma cf. *clausum* (Jacq.) Schult.
Sarcostemma elegans Decne.
Sarcostemma pannosum Decne

Asteraceae

- Acourtia platyphylla* (A. Gray) Reveal & King
Acourtia reticulata (Lagasca ex D. Don) Reveal & King
Acourtia sp.
Ageratum corymbosum Zuccagni ex Pers.
Aldama dentata Llave & Lex.
Ambrosia psilostachya var. *psilostachya* DC.
Archibaccharis schiedeana (Benth.) J.D. Jackson; "jara"
Archibaccharis serratifolia (H.B.K.) Blake; "jara"
Aster aff. *moranensis* H.B.K.; "estrellita"
Aster subulatus Michx.
Astranthium condimentum DeJong; "flor de blanco"
Baccharis heterophylla H.B.K.; "jara blanca, jara china, uhitz"
Baccharis pteronioides DC.; "veradera, kjalatacua"
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pavón) Pers.
Baccharis thesioides H.B.K.
Bidens aequisquama (Fern.) Sherff
Bidens aurea (Aiton) Sherff
Bidens ostruthioides (DC.) Sch. Bip.
Bidens pilosa L.; "aceitilla"
Brickellia monocephala Robinson
Brickellia peduncularis (DC.) Harcombe & Beaman; "hierba piedra rosa"
Brickellia secundiflora (Lagasca) A. Gray
Calea scabra var. *scabra* (Lagasca) Robinson
Carminatia tenuiflora DC.
Carphochaete grahamii A. Gray
Cirsium conspicuum (G. Don) Sch. Bip.
Cirsium ehrenbergii Sch. Bip.
Cirsium velatum (Wats.) Petrak
Conyza coronopifolia H.B.K.
Conyza sophiifolia H.B.K.
Conyza sp.
Cosmos bipinnatus Cav.; "sharacamata*, xaricamata"
Cosmos scabiosoides H.B.K.
Dahlia coccinea Cav.; "chalihuesca*, charahuesca*, saluen tzitzuec**"
Dahlia tenuicaulis Sorensen
Delilia biflora (L.) Kuntze
Digitalia jatrophioides (H.B.K.) Pippen
Dyssodia porophyllum (Cav.) Cav.; "árnica"
Dyssodia tagetiflora Lagasca
Eclipta prostrata (L.) L.
Erigeron delphinifolius Willd.

Erigeron karvinskianus DC.; "boladillo"
Erigeron longipes DC.
Erigeron velutipes Hook. & Arn.
Eupatorium areolare DC.
Eupatorium aschenbornianum Benth.
Eupatorium glabratum H.B.K.
Eupatorium mairetianum DC.
Eupatorium muelleri Sch. Bip. ex Klatt
Eupatorium petiolare Moc. ex DC.
Eupatorium pycnocephalum Less.
Eupatorium cf. *schaffneri* Sch. Bip.; "sinvergüenza"
Eupatorium sp.1; "tabardillo"
Eupatorium sp.2
Eupatorium sp.3
Eupatorium sp.4
Florestina pedata (Cav.) Cass.
Galeana pratensis (H.B.K.) Rydb.; "borreguilla"
Galinsoga parviflora Cav.
Gnaphalium americanum Miller; "gordolobo"
Gnaphalium bourgovii A. Gray; "gordolobo"
Gnaphalium inornatum DC.; "gordolobo"
Gnaphalium liebmannii var. *monticola* (McVaugh) D. Nash; "gordolobo"
Gnaphalium semiamplexicaule DC.; "gordolobo"
Gnaphalium sp.1; "gordolobo"
Gnaphalium sp.2; "gordolobo"
Grindelia inuloides var. *inuloides* Willd.
Guardiola mexicana Humb. & Bonpl.
Heliopsis annua Hemsl.
Heliopsis longipes (A. Gray) Blake
Heterosperma pinnatum Cav.
Hieracium abscissum Less.
Hieracium mexicanum Less. in Schl. & Cham.
JNL 413
JNL 418
JNL 815
JNL 877; "amargosilla"
JNL 1348
JNL 1747
Jaegeria hirta (Lagasca) Less.
Lagascea helianthifolia H.B.K.
Lasianthaea aurea (D. Don) K. Becker; "hierba del burro"
Lasianthaea fruticosa var. *michoacana* (Blake) K. Becker
Lasianthaea aff. *helianthoides* DC.

- Machaeranthera brevilingulata* (Sch. Bip. ex Hemsl.) Turner & Horne
Melampodium divaricatum (Rich.) DC.
Melampodium longifolium Cerv.
Melampodium longipilum Robinson
Melampodium perfoliatum (Cav.) H.B.K.
Melampodium sericeum Lagasca
Milleria quinqueflora L.
Montanoa bipinnatifida (Kunth) K. Koch; "vara blanca"
Montanoa aff. *frutescens* Mairet
Montanoa leucantha (Lag.) Blake
Montanoa sp.; "barra blanca"
Odontotrichum palmeri (Greenm.) Rydb.
Odontotrichum sinuatum (Cerv.) Rydb.
Odontotrichum sp.
Odontotrichum tussilaginoide (H.B.K.) Rydb.
Parthenium hysterophorus L.
Pectis prostrata Cav.
Pericalia sessilifolia (Hook. & Arn.) Hemsley; "orejas de liebre"
Perymenium buphthalmoides var. *buphthalmoides* DC.
Piqueria pilosa H.B.K.
Piqueria trinervia Cav.; "tabardillo, cunicumanchicu"
Porophyllum rudera var. *macrocephalum* (DC.) Cronq.
Porophyllum viridiflorum (H.B.K.) DC.; "hierba del venado"
Psacalium peltatum (H.B.K.) Cass.
Rhyssolepis palmeri (A. Gray) Blake
Sabazia liebmanni Klatt
Schkuhria pinnata var. *guatemalensis* (Rydb.) McVaugh
Senecio albonervius Greenm.
Senecio angulifolius DC.
Senecio barba-johannis DC.
Senecio mexicanus McVaugh
Senecio aff. *platanifolius* Benth.
Senecio praecox (Cav.) DC.; "candelero"
Senecio salignus DC.; "jara lisa, jara amarilla"
Senecio sinuatus H.B.K.
Senecio sp.2
Senecio sp.3
Senecio sp.4; "pata de león"
Senecio sp.5; "hierba pinguilla"
Senecio stoechadiformis DC.; "gordolobo"
Senecio toluccanus DC.
Sigesbeckia jorullensis H.B.K.
Simsia amplexicaulis (Cav.) Pers.

Sonchus oleraceus L.
Spilanthes alba L'Hér.
Stevia elatior H.B.K.
Stevia lucida Lagasca
Stevia monardifolia H.B.K.
Stevia organoides H.B.K.
Stevia ovata Willd.
Stevia serrata Cav.
Stevia viscida H.B.K.
Tagetes filifolia Lagasca
Tagetes lucida Cav.; "sota caballo, Santa María"
Tagetes lunulata Ort.; "aceitilla"
Tagetes micrantha Cav.
Tagetes sp.
Tagetes subulata Cerv. ex Llave & Lex.
Tagetes tenuifolia Cav.
Tithonia rotundifolia (Miller) Blake
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.; "girasol, andán"
Tridax coronopifolia (H.B.K.) Hemsley
Trigonospermum annuum McVaugh & Laskowski
Verbesina discoidea (T.S. Brandege) Rzedowski
Verbesina cf. *greenmanii* Urban; "hojas anchas"
Verbesina aff. *liebmannii* Sch. Bip.
Verbesina oncophora Rob. & Seat.
Verbesina sp.
Verbesina sphaerocephala A. Gray; "vara blanca, capitaneja, xicariurapu"
Verbesina stricta A. Gray
Verbesina tetraptera (Ort.) A. Gray
Verbesina virgata Cav.
Vernonia alamanii DC.
Vernonia sp.
Vernonia uniflora Sch. Bip.
Viguiera dentata (Cav.) Spreng.
Viguiera excelsa (Willd.) Benth. & Hook.
Viguiera grammatoglossa DC.
Viguiera cf. *hypochlora* (Blake) Blake
Viguiera linearis (Cav.) Hemsl.
Viguiera quinqueradiata (Cav.) A. Gray; "perimo"
Viguiera sphaerocephala (DC.) Hemsl.; "vara blanca"
Zinnia americana (Miller) Olorode & Torres
Zinnia haageana Regel; "rosa amarilla"
Zinnia peruviana (L.) L.; "gallito"
Zinnia purpusii Brandege

Begoniaceae

Begonia balmisiana Ruiz; "agrito, cashuracua"

Begonia barkeri Knowl. & Westc.

Begonia gracilis H.B.K.; "jocoyol de piedra"

Begonia sp.

Betulaceae

Alnus jorullensis ssp. *jorullensis* H.B.K.; "tepame, tupama"

Carpinus caroliniana Walt.; "alicillo, lechillo*, palo barranco*, palo liso**"

Bignoniaceae

Tecoma stans (L.) H.B.K.; "retama"

Bombacaceae

Ceiba aesculifolia (H.B.K.) Britt. & Baker; "pochote"

Boraginaceae

Cordia oaxacana DC.

Cynoglossum pringlei Greenm.

Ehretia latifolia DC.; "capulín de cuervo, citangue"

Heliotropium pringlei Robinson

Lasiarrhenum strigosum (H.B.K.) I.M. Johnston

Lithospermum distichum Ortega

Lithospermum strictum Lehm.

Macromeria discolor Benth.; "lengua del venado"

Macromeria cf. *pringlei* Greenm.

Bromeliaceae

Pitcairnia pteropoda L.B. Smith; "flor de piedra"

Tillandsia achrostachys E. Morren ex Baker

Tillandsia argentea Griseb.; "tsitsiki urapiti"

Tillandsia cf. *circinnata* Schlecht.

Tillandsia fasciculata Sw.

Tillandsia recurvata (L.) L.; "gallitos"

Burseraceae

- Bursera bipinnata* (DC.) Engl.; "copal blanco, copal amargo*, tetlate**"
Bursera bipinnata x *B. cuneata*; "copal"
Bursera cuneata (Schl.) Engl.; "copal"
Bursera fagaroides (H.B.K.) Engl.; "tecomaca, cuajote amarillo**"
Bursera palmeri Watson
Bursera penicillata (Sessé & Mociño) Bullock; "copal de santo**"

Cactaceae

- Mammillaria pringlei* K. Brand
Nyctocereus pietatis (Bravo) Scheinvar; "pitahayo"
Opuntia amyclaea Tenore; "nopal de flores rojas, nopal prieto"
Opuntia chavenia Griff.; "nopal jaboncillo"
Opuntia cochineria Griff.; "nopal cascarón"
Opuntia fuliginosa Griff.; "nopal sangre de toro"
Opuntia icterica Griff.; "nopal blanco"
Opuntia jaliscana Bravo; "nopal amarillo"
Opuntia joconostle Weber in Diguët; "nopal xoconostle"
Opuntia lasiacantha Pfeiffer; "nopal"
Opuntia lindheimeri Engelm.; "nopal puerquero"
Opuntia cf. *matudae* Scheinv.; "nopal xoconostle dulce"
Opuntia megacantha Salm-Dyck; "nopal conguito"
Opuntia nigrita Griff.; "nopal negrito"
Opuntia sarca Griff.; "nopal chamacuero, nopal tapón"
Opuntia sp.1; "nopal agridulce"
Opuntia sp.2; "nopal"
Opuntia streptacantha Lem.; "nopal colorado"
Opuntia tomentosa var. *tomentosa* Salm-Dyck; "nopal negrito, nopal cuervo"
Pereskiaopsis aquosa (Weber) Britton & Rose
Pereskiaopsis diguetii (Weber) Britton & Rose
Stenocereus queretaroensis (Weber) Buxbaum; "pitayo"

Campanulaceae

- Diastatea micrantha* (H.B.K.) McVaugh
Lobelia fenestralis Cav.
Lobelia laxiflora H.B.K.
Lobelia nana H.B.K.

Caprifoliaceae

- Sambucus mexicana* Presl; "condembara, sauco**"
Symphoricarpos microphyllus H.B.K.; "perlitas**"
Viburnum microphyllum (Oerst.) Hemsley; "canindupus"

Caryophyllaceae

- Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb.
Drymaria cordata (L.) Willd. ex Roem. & Schult.
Drymaria multiflora Brandegee
Drymaria villosa Cham. & Schl.
Minuartia moehringioides (Mociño & Sessé ex Ser.) Mattf.
Stellaria cuspidata Willd. ex Schlecht.

Casuarinaceae

- Casuarina cunninghamiana* Miq.

Chloranthaceae

- Hedyosmum mexicanum* Cordemoy; "palo de agua"

Cistaceae

- Helianthemum glomeratum* Lagasca ex DC.; "cenecilla, sanguinaria**"

Clethraceae

- Clethra mexicana* A. DC.; "panza de perro, jaboncillo, shapushcari"

Commelinaceae

- Commelina coelestis* var. *bourgeau* C.B. Clarke
Commelina cf. *coelestis* var. *coelestis* Willd.
Commelina dianthifolia DC.
Commelina diffusa Burm. f.
Commelina elegans H.B.K.

Commelina sp.
Gibasis linearis (Benth.) Rohw.
Gibasis pulchella (H.B.K.) Raf.
Thyrsanthemum floribundum (Mart. & Gal.) Pichon
Tinantia erecta (Jacq.) Schlecht.
Tradescantia crassifolia Cav.
Tripogandra amplexicaulis (Klotzsch ex Clarke) Woodson
Tripogandra aff. *floribunda* (Hook. & Arn.) Woodson
Tripogandra purpurascens ssp. *purpurascens* (Schauer) Handlos

Convolvulaceae

Cuscuta rugosiceps Yunker
Evolvulus alsinoides L.
Ipomoea capillacea (H.B.K.) G. Don
Ipomoea decasperma Hall.
Ipomoea hartwegii Benth.; "quiebra plato"
Ipomoea murucoides Roem. & Schult.; "cazahuate"
Ipomoea purpurea (L.) Roth
Ipomoea sp.
Ipomoea stans Cav.
Ipomoea cf. *trichocarpa* Elliott
Ipomoea tyrianthina Lindley
 JNL 1839
Quamoclit gracilis Hallier

Coriariaceae

Coriaria ruscifolia L.

Crassulaceae

Echeveria gibbiflora DC.; "oreja de burro"
Sedum griseum Praeger
Sedum oxypetalum H.B.K.

Cruciferae

Brassica campestris L.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medic.
Halimolobos berlandieri (Fourn.) O.E. Schulz
Rorippa pinnata (Mociño & Sessé) Rollins

Cucurbitaceae

Cremastopus rostratus P.G. Wilson
Cucurbita aff. *pepo* L.; "calabaza coyote"
Cucurbita radicans Naud.
Cyclanthera aff. *ribiflora* (Schlecht.) Cogn.
Cyclanthera dissecta (Torr. & Gray) Arn.
Cyclanthera tannoides (Willd.) Cogn.
 JNL 1268
 JNL 1728
Schizocarpum parviflorum Rob. & Greenm.
Schizocarpum sp.
Sicyos deppei G. Don

Cyperaceae

Abildgaardia mexicana (Palla) Vahl
Bulbostylis funckii (Steud.) C.B. Clarke
Bulbostylis juncooides (Vahl) Kuk.
Cyperus esculentus L.
Cyperus huarmensis (H.B.K.) Johnst.
Cyperus incompletus Link
Cyperus lanceolatus Poirét
Cyperus manimae H.B.K.
Cyperus ochraceus Vahl
Cyperus seslerioides H.B.K.
Cyperus sp.
Cyperus spectabilis Link
Eleocharis acicularis (L.) Roem. & Sch.
Eleocharis densa Benth.
Eleocharis macrostachys Britton
Eleocharis mamillata Lindb. f.
Eleocharis montevidensis Kunth
Fimbristylis spadicea (L.) Vahl
Scirpus americanus Pers.

Dioscoreaceae

- Dioscorea conzattii* Kunth
Dioscorea dugesii Robinson
Dioscorea minima Rob. & Seaton
Dioscorea multinervis Benth.; "camote"
Dioscorea nelsonii Uline ex Knuth; "camote"
Dioscorea sp.1
Dioscorea sp.2
Dioscorea sp.3
Dioscorea tancitarensis Matuda

Ericaceae

- Arbutus glandulosa* Mart. & Gal.; "madroño, panan gsuni"
Arbutus xalapensis H.B.K., "madroño, panan chen, panan sini"
Arctostaphylos angustifolia Hemsley; "cuacatacua"
Arctostaphylos longifolia Benth.; "nariz de perro, uichu uri"
Arctostaphylos pungens H.B.K.; "pingüica, piniki"

Euphorbiaceae

- Acalypha alopecuroidea* Jacq.
Acalypha brevicaulis Muell. Arg.
Acalypha aff. *indica* L.
Acalypha indica var. *mexicana* (Muell. Arg.) Pax & Hoffm.
Acalypha phleoides Cav.
Acalypha subterranea P.G. Wilson
Acalypha unibracteata Muell. Arg.
Bernardia mexicana Muell. Arg.
Chamaesyce dioica (H.B.K.) Millsp.
Chamaesyce hirta (L.) Millsp.
Chamaesyce hypericifolia (L.) Millsp.
Chamaesyce hyssopifolia (L.) Small
Chamaesyce serpens (H.B.K.) Small
Chamaesyce thymifolia (L.) Millsp.
Croton adspersus Benth.
Croton calvescens S. Wats.
Croton ciliato-glandulosus Ortega
Croton cf. *cladotrichus* Muell. Arg.
Croton draco Schlecht.

Croton morifolius Willd.; "palillo"
Euphorbia calyculata H.B.K.; "chupiri*"
Euphorbia cf. *collettioides* Benth.
Euphorbia dentata var. *dentata* Michx.
Euphorbia fulva Stapf; "chupiri, palo amarillo"
Euphorbia furcillata var. *furcillata* H.B.K.
Euphorbia graminea Jacq.
Euphorbia heterophylla var. *heterophylla* L.
Euphorbia macropus (Klotzsch & Garcke) Boiss.
Euphorbia ocymoidea L.
Euphorbia radians Benth.
Euphorbia sphaerorhiza Benth.
Euphorbia subreniformis S. Wats.
Jatropha dioica Sessé ex Cerv.
Manihot angustiloba (Torr.) Muell. Arg.
Manihot caudata Greenm.; "teteque"
Ricinus communis L.
Stillingia zelayensis (H.B.K.) Muell. Arg.
Tragia nepetifolia Cav.; "ortiga"

Fabaceae

Acacia angustissima (Mill.) Kuntze
Acacia farnesiana (L.) Willd.; "espino blanco, huizache, güizache yondiro*,
 tsurumbini*, tsurimbini*, xcantiris*"

Acacia pennatula (Schlecht. & Cham.) Benth.; "tepame, espino blanco, huizache"
Acacia schaffneri (Wats.) Hermann; "tepame blanco, huizache tepamo*"

Aeschynomene americana var. *flabellata* Rudd
Aeschynomene villosa Poiret
Albizia plurijuga (Standley) Britton & Rose
Astragalus cf. *ervoides* Hook. & Arn.
Astragalus micranthus var. *micranthus* Desv.
Brongniartia aff. *lupinoides* (H.B.K.) Taubert
Caesalpinia aff. *mexicana* A. Gray
Calliandra formosa (Kunth) Benth.
Calliandra grandiflora (L'Hér.) Benth.; "cabello de ángel"
Calliandra houstoniana (Miller) Kuntze
Calliandra sp.
Canavalia hirsutissima Sauer
Canavalia villosa Benth.
Chamaecrista nictitans var. *jaliscensis* (Greenm.) I. & B.
Cologania broussonetii (Balbis) DC.

Cologania grandiflora Rose
Cologania procumbens Kunth
Conzattia multiflora (Robinson) Standley
Cracca caribaea (Jacq.) Benth.
Crotalaria longirostrata Hook. & Arn.
Crotalaria mollicula H.B.K.
Crotalaria pumila Ortega
Crotalaria rotundifolia (Walt.) Gmelin
Crotalaria sagittalis L.
Dalea foliolosa (Aiton) Barneby
Dalea leporina (Aiton) Bullock
Dalea lutea var. *gigantea* (Rose) Barneby
Dalea obovatifolia var. *uncifera* (Schlecht. & Cham.) Barneby
Dalea reclinata (Cav.) Willd.
Dalea sp.1
Dalea sp.2
Desmanthus pumilus (Schlecht.) Macbr.
Desmodium molliculum (H.B.K.) DC.; "amor seco"
Desmodium neomexicanum A. Gray
Desmodium procumbens var. *procumbens* (Miller) Hitchc.
Desmodium sp.1
Desmodium sp.2
Desmodium sp.3
Desmodium sumichrastii (Schindl.) Standl.
Desmodium tortuosum (Sw.) DC.
Desmodium uncinatum (Jacq.) DC.
Diphysa sennoioides Benth.; "cauinde"
Diphysa suberosa S. Wats.
Erythrina brevisflora DC.
Erythrina cf. *coralloides* DC.
Erythrina lepthorhiza DC.; "irhepeni, cococha*, colorín negro*"
Eysenhardtia platycarpa Pennell & Safford ex Pennell; "palo dulce"
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.; "palo dulce"
Indigofera densiflora Mart. & Gal.
Inga eriocarpa Benth.; "churen"
Inga hintonii Sandw.; "churen"
JNL 294
JNL 1636
Lupinus bilineatus Benth.
Lupinus elegans H.B.K.; "frijolillo"
Lupinus aff. *stipulatus* Agardh
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth.; "guanumo, tepehuaje*"
Lysiloma microphyllum Benth.

- Macroptilium atropurpureum* (Sessé & Mociño. ex DC.) Urban
Macroptilium gibbosifolium (Gomez-Ortega) A. Delgado; "jicamilla, coquillo"
Medicago polymorpha var. *vulgaris* (Benth.) Shinnery; "carretilla"
Melilotus indicus (L.) All.
Mimosa aculeaticarpa Ortega; "muño de gato"
Mimosa adenantheroides (Mart. & Gal.) Benth.; "sierrilla"
Mimosa albida Humb. & Bonpl. ex Willd.; "sierrilla"
Mimosa benthamii J.F. Macbride
Mimosa rhodocarpa Britton & Rose; "casirpe"
Mimosa sp.; "sierrilla"
Minklersia multiflora Rose
Nissolia microptera Poiret; "berruquillo"
Pachyrrhizus erosus (L.) Urban
Phaseolus acutifolius var. *acutifolius* A. Gray
Phaseolus coccineus L.
Phaseolus leptostachyus Benth.
Phaseolus microcarpus C. Martius
Phaseolus perplexus A. Delgado, ined.
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.
Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Johnst.; "mezquite, chachaca*, colorín negro*"
Senna hirsuta var. *glaberrima* (M.E. Jones) Irwin & Barneby
Tephrosia sinapou (Buchoz) A. Chev.
Trifolium amabile H.B.K.
Vicia humilis H.B.K.
Zornia thymifolia H.B.K.

Fagaceae

- Quercus candicans* Née; "encino blanco"
Quercus castanea Née; "encino blanco, encino colorado; encino roble, urikua"
Quercus conspersa Benth.; "encino blanco"
Quercus crassifolia Humb. & Bonpl.; "encino colorado, urikoste"
Quercus crassipes Humb. & Bonpl.; "encino blanco, encino roble, encino chilillo"
Quercus deserticola Trel.; "encino blanco"
Quercus dysophylla Benth.; "encino"
Quercus frutex Trel.; "comalillo"
Quercus gentryi C.H. Muller; "encino colorado"
Quercus laeta Liebm.; "encino blanco"
Quercus laurina Humb. & Bonpl.; "encino colorado, tsirapsi"
Quercus magnoliifolia Née; "encino blanco"
Quercus martinezii C.H. Muller; "encino"

Quercus obtusata Humb. & Bonpl.; "encino colorado, encino chino, encino roble, tukus"

Quercus peduncularis Née; "encino"

Quercus resinosa Liebm.; "encino blanco"

Quercus rugosa Née; "encino prieto, tukus"

Quercus scytophylla Liebm.; "encino prieto"

Quercus sideroxyla Humb. & Bonpl.; "encino colorado"

Quercus subspathulata Trel.; "encino corti"

Garryaceae

Garrya laurifolia Hartweg ex Bentham; "cuachichic"

Garrya longifolia Rose; "palo azul, uremu"

Gentianaceae

Centaurium quitense (H.B.K.) Robinson

Gentiana spathacea H.B.K.

Halenia brevicornis (H.B.K.) G. Don

Nymphoides fallax Ornduff

Geraniaceae

Geranium aristisepalum Moore

Geranium deltoideum Rydb.; "gordolobo, tripa de pollo"

Geranium latum Small

Geranium lilacinum Knuth.; "pata de león, p'uk'antsina"

Geranium seemannii Peyr.

Guttiferae

Clusia salvinii G. Don; "palo de agua, cuanispiracua, flor de canela*, oreja de venado*, flor de venado*"

Hypericum silenoides var. *silenoides* Juss.

Hydrocharitaceae

Limnobium stoloniferum (G.F.W. Meyer) Griseb.

Hydrophyllaceae*Hydrolea spinosa* L.*Phacelia platycarpa* (Cav.) Spreng.*Wigandia urens* (Ruiz & Pavón) H.B.K.**Iridaceae**

JNL 1771; "juaguice"

Nemastylis tenuis (Herb.) Baker*Sisyrinchium angustifolium* Miller*Sisyrinchium convolutum* Nocca*Tigridia multiflora* (Herb.) Baker**Juncaceae***Juncus effusus* var. *aemulans* (Liebm.) Buchenau**Lamiaceae***Asterohyptis mociniana* (Benth.) Epl.*Asterohyptis stellulata* (Benth.) Epl.; "hierba del ahíto*"*Hyptis albida* H.B.K.*Hyptis pectinata* (L.) Poir.*Hyptis urticoides* H.B.K.*Leonotis nepetifolia* (L.) R. Brown*Lepechinia caulescens* (Ortega) Epl.*Marrubium vulgare* L.*Monarda austromontana* Epling*Salvia amarissima* Ortega*Salvia assurgens* Kunth*Salvia breviflora* Mociño & Sessé*Salvia cinnabarina* Mart. & Gal.*Salvia clinopodioides* Epling*Salvia* aff. *gesneriflora* Lindl.*Salvia hirsuta* Jacq.*Salvia iodantha* Epling*Salvia laevis* Benth.*Salvia lavanduloides* H.B.K.; "chía"*Salvia leptostachys* Benth.

Salvia cf. *leptostachys* Benth.
Salvia longispicata Mart. & Gal.
Salvia mexicana L.; "chía"
Salvia microphylla var. *microphylla* H.B.K.
Salvia nigrifolia Epling
Salvia polystachya Ortega
Salvia cf. *polystachya* Ortega
Salvia purpurea Cav.
Salvia reptans Jacq.
Salvia rhyacophylla Epling
Salvia sp.
Salvia sp. nov.
Satureja macrostema (Benth.) Briq., "nurite"
Scutellaria coerulea Sessé & Mociño
Stachys agraria Cham. & Schlecht.
Stachys boraginoides Cham. & Schlecht.

Lemnaceae

Lemna minima Phil.
Wolffia columbiana Karsten

Lentibulariaceae

Pinguicula macrophylla H.B.K.; "agrito"
Utricularia gibba L.

Liliaceae

Allium glandulosum Link & Otto
Anthericum torreyi Baker
Calochortus barbatus (H.B.K.) Paint.
Calochortus venustus Greenm.; "campanita"
Echeandia macrocarpa Greenm.
Milla biflora Cav.; "flor de San Nicolás"

Loasaceae

Mentzelia asperula Woot. & Stand.

Mentzelia dispersa Wats.

Mentzelia sp.

Loganiaceae

Buddleia cordata H.B.K.

Buddleia parviflora H.B.K.; "tepuza"

Buddleia sessiliflora H.B.K.; "tepuza, jara, tepoja*"

Buddleia sp.

Spigelia scabrella Benth.

Loranthaceae

Arceuthobium globosum Hawksworth & Wiens

Arceuthobium sp.

Phoradendron brachystachyum Nutt.; "moco de cucumo"

Phoradendron carneum Urban

Phoradendron falcatum (Schlecht. & Cham.) Trel.; "injerto"

Psittacanthus calyculatus (DC.) G. Don

Psittacanthus sonora (Wats.) Kuijt

Struthanthus microphyllus (H.B.K.) G. Don; "andsapu"

Struthanthus venetus (H.B.K.) Blume

Lythraceae

Ammania auriculata Willd.

Cuphea calcarata Benth.

Cuphea ferrisiae var. *rosea* S. Graham

Cuphea jorullensis H.B.K.; "tsiquile"

Cuphea llavea var. *llavea* Lex. in Llave & Lex.

Cuphea procumbens Ortega

Cuphea toluicana Peyr.

Cuphea wrightii var. *wrightii* A. Gray

Heimia salicifolia (H.B.K.) Link; "hierba jonequil*"

Lythrum album H.B.K.

Lythrum gracile Benth.

Malpighiaceae

Bunchosia palmeri Wats.

Gaudichaudia mucronata (Mociño & Sessé) Juss.

Malvaceae

Abutilon hypoleucum A. Gray
Anoda crenatiflora Ortega
Anoda cristata (L.) Schlecht.
Herissantia crispa (L.) Briz
Malvastrum bicuspidatum ssp. *campanulatum* S.R. Hill
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke
Malvaviscus arboreus Cav.
Malvella leprosa (Ortega) Krapovickas
Pteriptera punicea (Lagasca) DC.
Sida abutifolia Miller
Sida barclayi E.G. Baker
Sida glutinosa Commerson ex. Cav.
Sida rhombifolia L.; "huinara"
Sida cf. *rzędowskii* Fryxell
Sida sp.
Wissadula amplissima (L.) R.E. Fries

Marsileaceae

Marsilea mexicana A. Br. .

Martyniaceae

Probooscidea louisianica ssp. *fragrans* (Lindley) Bretting; "toritos"

Meljaceae

Cedrela dugesii S. Wats.; "cuaterani"

Moraceae

Dorstenia drakena L.
Ficus cotinifolia H.B.K.; "amate prieto"
Ficus padifolia H.B.K.; "palo verde"
Ficus sp.; "higuera"

Myrtaceae

Psidium guajava L.; "guayaba, enandi*"

Nyctaginaceae*Boerhavia coccinea* Mill.*Mirabilis jalapa* L.*Pisoniella arborescens* (Lag. & Rod.) Standley**Nymphaeaceae***Nymphaea flavo-virens* Lehm.**Olacaceae***Schoepfia schreberi* Gmelin; "coloradilo"*Ximenia parviflora* Benth.; "ciruela"**Oleaceae***Forestiera phillyreoides* (Benth.) Torr.; "granjena"*Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingel.; "fresno"**Onagraceae***Fuchsia cylindracea* Lindley*Fuchsia decida* Standley*Fuchsia fulgens* DC.; "adelaida*"*Fuchsia microphylla* H.B.K.,*Fuchsia parviflora* Lindley*Fuchsia* sp.*Fuchsia thymifolia* H.B.K.; "aretillo"*Fuchsia* cf. *thymifolia* ssp. *minimiflora* (Hemsley) Breedlove*Gaura coccinea* Nutt.*Gaura hexandra* ssp. *hexandra* Ortega*Gongylocarpus rubricaulis* Cham. & Schl.

JNL 1640

Jussiaea bonariensis Micheli*Lopezia racemosa* Jacq.; "alfilerillo, guayabillo*"*Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven*Oenothera deserticola* (Loes.) Munz*Oenothera laciniata* Willd.*Oenothera rosea* L'Hér. ex Aiton; "tarapeni*"*Oenothera tetraptera* Cav.

Ophioglossaceae

Ophioglossum engelmannii Prantl

Ophioglossum nudicaule var. *tenerum* (Mett. ex Prantl) Clausen

Opiliaceae

Agonandra racemosa (DC.) Standley; "chilillo, palo del golpe"

Orchidaceae

Bletia sp.

Encyclia adenocaula (Llave & Lex.) Dressler; "lirio"

Encyclia linkiana (Klotzsch) Schltr.

Erythrodes ovatilabia Ames & Correll

Govenia liliacea (Llave & Lex.) Lindley

Habenaria clypeata Lindley

Habenaria entomantha (Llave & Lex.) Lindley

Hexalectris parviflora L.O. Wms.

Isochilus aff. *linearis* (Jacq.) R. Br.

JNL 1803

Laelia autumnalis (Lex.) Lindl.; "lirio"

Laelia cf. *bancalarii* Hagsater & González Tamayo; "lirio, anims tsitsiki"

Malaxis carnosa (H.B.K.) Schweinf.

Malaxis corymbosa (S. Wats.) O. Ktze.

Spiranthes aurentiaca (Llave & Lex.) Hemsley; "azucenas"

Spiranthes cinnabarina (Llave & Lex.) Hemsley; "corales"

Spiranthes eriophora Robins. & Greenm.; "xanuata tsitsiki"

Spiranthes sp.

Orobanchaceae

Conopholis alpina Liebm.

Oxalidaceae

Oxalis alpina (Rose) Knuth

Oxalis corniculata L.; "jocoyol*", "acedera"

Oxalis decaphylla H.B.K.; "agrito"

Oxalis hernandezii DC.; "agrito; jocoyol, tareshuar pitacua"

Oxalis cf. *jacquiniana* H.B.K.

Papaveraceae

Argemone ochroleuca ssp. *ochroleuca* Sweet; "chicalote"
Argemone platyceras Link & Otto

Passifloraceae

Passiflora bryonioides H.B.K.; "huevos de gato"
Passiflora foetida L.

Phytolaccaceae

Phytolacca icosandra L.; "conguera"

Pinaceae

Abies religiosa (H.B.K.) Cham. & Schl.; "oyamel, pinabete, thucum*"
Pinus ayacahuite var. *veitchii* Shaw
Pinus douglasiana Martínez; "pino lacio"
Pinus lawsonii Roetzl; "pino"
Pinus leiophylla Schl. & Cham.; "pino chino"
Pinus michoacana var. *cornuta* Martínez; "pino lacio"
Pinus montezumae Lamb.; "pino blanco, pino lacio, canis, pucuri tepco"
Pinus montezumae f. *macrocarpa* Martínez; "pino blanco, pino lacio"
Pinus oocarpa Schiede; "pino trompillo"
Pinus pringlei Shaw; "pino"
Pinus pseudostrobus Lindley; "pino lacio"
Pinus pseudostrobus f. *protuberans* Martínez; "pino"
Pinus teocote Schl. & Cham.; "pino colorado, pino chino, pucuri urusi"

Piperaceae

Peperomia campylotropa A.W. Hill
Peperomia galioides H.B.K.
Peperomia cf. *glabella* (Sw.) A. Dietr.
Peperomia quadrifolia (L.) H.B.K.
Piper sp.
Pothomorphe umbellata (L.) Miq.

Plantaginaceae

Plantago australis ssp. *hirtella* (H.B.K.) Rahn

Plantago lanceolata L.

Plantago major L.

Plumbaginaceae

Plumbago pulchella Boiss.; "quiricua"

Plumbago scandens L.

Poaceae

Aegopogon tenellus (DC.) Trin.

Aristida appresa Vasey

Bothriochloa barbinodis (Lag.) Herter

Bouteloua curtipendula var. *tenuis* Gould & Kapadia

Bouteloua hirsuta Lagasca

Bouteloua radicata (Fourn.) Griff.; "zacate"

Brachiaria plantaginea (Link) Hitchc.

Bromus carinatus Hook. & Arn.

Chloris submutica H.B.K.

Chloris virgata Sw.

Cynodon dactylon (L.) Pers.

Dichantherium cf. *albomaculatum* (Scribn.) Gould; "tupico"

Digitaria cf. *leucocoma* (Nash) Urban

Echinochloa colonum (L.) Link

Echinochloa crusgalli (L.) Beauv.

Echinochloa holciformis (H.B.K.) Chase

Eragrostis intermedia Hitchc.

Eragrostis mexicana (Hornem.) Link

Eragrostis plumbea Scribn.

Eriochloa acuminata (Presl) Kunth

Festuca amplissima Rupr.; "zoromuta"

Festuca breviglumis Swallen

Heteropogon melanocarpus (Elliot) Benth.

Hilaria cenchroides H.B.K.

Hilaria ciliata (Scribn.) Nash; "gramo"

Ixophorus unisetus (Presl) Schlecht.

JNL 863

JNL 1653

JNL 1793

Lasiacis nigra Davidse
Leersia hexandra Sw.
Leptochloa dubia (H.B.K.) Nees; "zacate"
Muhlenbergia cf. distans Swallen; "zoromuta"
Muhlenbergia emersleyi Vasey; "zoromuta"
Muhlenbergia rigida (H.B.K.) Trin.
Muhlenbergia aff. versicolor Swallen
Oplismenus burmannii (Retz.) Beauv.
Panicum bulbosum H.B.K.
Panicum decolorans H.B.K.
Panicum lepidulum Hitchc. & Chase; "zacate"
Panicum virgatum L.
Paspalum arsenei Chase; "zacate"
Paspalum botterii (Fourn.) Chase; "zacate"
Paspalum convexum Humb. & Bonpl.
Paspalum distichum L.
Paspalum lentiginosum Presl
Paspalum lividum Trin.
Pennisetum crinitum (H.B.K.) Sprengel
Piptochaetium fimbriatum (H.B.K.) Hitchc.
Piptochaetium virescens (H.B.K.) Parodi
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.
Rhynchelytrum roseum (Nees) Stapf & C.E. Hubb.
Setaria geniculata (Lam.) Beauv.; "zacate"
Setaria latifolia (Scribn.) W. Herrm.
Setaria longipila Fourn.
Sorghum bicolor (L.) Moench.
Sporobolus atrovirens (H.B.K.) Kunth
Sporobolus indicus (L.) R. Br.
Trachypogon montufari (H.B.K.) Nees
Trisetum virletii Fourn.; "carrizo"

Polemoniaceae

Bonplandia geminiflora Cav.
Loeselia mexicana (Lam.) Brand; "areti, espinosilla, misthuuichu"

Polygalaceae

Monnina ciliolata DC.
Monnina xalapensis H.B.K., "palo de la mula*"
Polygala berlandieri S. Watson

Polygonaceae

- Polygonum hartwrightii* A.Gray
Polygonum cf. *lapathifolium* L.
Polygonum mexicanum Small; "moco de cucumo"
Polygonum punctatum var. *eciliatum* Small
Rumex crispus L.
Rumex sp.

Polypodiaceae

- Adiantum braunii* Mett. ex Kuhn
Adiantum concinnum Willd.
Adiantum poiretii Wikstr.
Bommeria pedata (Sw.) Fourn.
Cheilanthes lendigera (Cav.) Sw.
Cheilanthes aff. *pyramidalis* var. *pyramidalis* Fée
Elaphoglossum aff. *gratum* (Fée) Moore
Notholaena aurea (Poiret) Desv.
Pellaea cordifolia (Sessé & Mociño) A.R. Smith
Pellaea seemannii Hook.
Pleopeltis macrocarpa (Bory ex Willd.) Kaulf.
Polypodium plebeium Schlecht. & Cham.
Polypodium plesiosorum Kunze
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn
Woodsia mollis (Kaulf.) J. Smith

Pontederiaceae

- Eichhornia crassipes* (Martius) Solms; "lirio acuático"
Heteranthera peduncularis Benth.
Heteranthera sp.

Portulacaceae

- Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.
Talinum tuberosum (Benth.) P. Wilson

Primulaceae

- Anagallis arvensis* f. *arvensis* L.; "jaboncillo"

Ranunculaceae

- Clematis dioica* L.; "barba de indio, barba de chivo*, chilillo**"
Ranunculus dichotomus Mociño & Sessé
Ranunculus cf. *geoides* var. *geoides* H.B.K.
Ranunculus macranthus Scheele
Ranunculus petiolaris H.B.K. ex DC.; "mano de león"
Thalictrum gibbosum Lecoyer; "pozolillo"
Thalictrum peltatum DC.; "cilantrillo"

Resedaceae

- Reseda luteola* L.; "hierba redonda"

Rhamnaceae

- Ceanothus buxifolius* Willd.
Ceanothus coeruleus Lagasca; "güimare"
Colubrina triflora Brongn.; "membrillo"

Rosaceae

- Acaena elongata* L.; "chica chacua"
Alchemilla procumbens Rose
Crataegus pubescens (H.B.K.) Steudel; "tejocote, carhas, caiasa*, carasu**"
Holodiscus argenteus (L.f.) Maxim.
Prunus serotina ssp. *capuli* (Cav.) McVaugh; "capulín, shengua"
Rubus humistratus Steudel; "tsutuni"

Rubiaceae

- Borreria suaveolens* G. Meyer
Bouvardia cordifolia DC.
Bouvardia laevis Mart. & Gal.; "zarcillo"
Bouvardia longiflora (Cav.) H.B.K.
Bouvardia multiflora (Cav.) Schult.; "nicle"
Bouvardia ternifolia (Cav.) Schlecht.
Crusea coccinea var. *coccinea* DC.
Crusea hispida var. *hispida* (Miller) Robinson
Crusea longiflora (Willd. ex Roem. & Schult.) Anderson

Crusea megalocarpa (A. Gray) S. Watson
Crusea setosa (Mart. & Gal.) Standley & Steyerl.
Didymaea floribunda Rzedowski
Galium cf. *mexicanum* H.B.K.
Galium praetermissum Greenm.
Galium uncinulatum DC.
Mitracarpus breviflorus A. Gray
Mitracarpus villosus (Sw.) Cham. & Schlecht.
Randia canescens Greenm.; "crucillo"
Randia thurberi S. Watson
Spermacoce confusa Rendle

Rutaceae

Zanthoxylum affine H.B.K.; "ruda"

Sabiaceae

Meliosma dentata (Liebm.) Urban; "alicillo"

Salicaceae

Salix bonplandiana H.B.K.; "sauce"
Salix oxylepis Schn.

Sapindaceae

Cardiospermum halicacabum L.
Dodonaea viscosa (L.) Jacq.; "ocotillo, pirumu, jarilla*"
Serjania racemosa Schum.

Scrophulariaceae

Bacopa procumbens (Miller) Greenm.
Buchnera obliqua Benth.
Castilleja agrestis Fern.
Castilleja arvensis Cham. & Schlecht.; "cabeza de chica, chupirin*, uitzacua**"
Castilleja tenuiflora Benth.; "chupireni**"
Castilleja tenuifolia Mart. & Gal.

Escobedia aff. *peduncularis* Pennell
Lamourouxia dasyantha (Cham. & Schl.) Ernst
Lamourouxia multifida H.B.K.; "chía de macho"
Penstemon apateticus Straw
Penstemon campanulatus Willd.
Penstemon roseus (Sweet) G. Don
Stemodia durantifolia (L.) Sw.
Stemodia sp.

Selaginellaceae

Selaginella pallescens var. *pallescens* (Presl) Spring

Smilacaceae

Smilax cordifolia H.B.K.; "tupe tsiramu"
Smilax cf. *moranensis* Mart. & Gal.; "zarzaparrilla"
Smilax pringlei Greenm.; "tupe tsiramu, zarzaparrilla"

Solanaceae

Cestrum anagyris Dunal; "chukuri sipieta"
Cestrum nitidum Mart. & Gal.; "chukuri sipieta"
Cestrum thyrsoides H.B.K.; "hierba del zopilote"
Datura stramonium L.; "torescu*"
 JNL 1689
Jaltomata procumbens (Cav.) J.L. Gentry
Margaranthus solanaceus Schlecht.
Nicandra physaloides (L.) Gaertn.
Nicotiana glauca Graham; "hierba de la chuparrosa, tzinyacua*"
Physalis orizabae Dunal
Physalis pubescens var. *pubescens* L.
Physalis sulphurea (Fern.) Waterfall
Physalis viscosa var. *cinerascens* (Dunal) Waterfall; "xapindicua"
Solandra maxima (Sessé & Mociño) P.S. Greene; "cutacua*"
Solanum americanum Miller; "hierba mora"
Solanum appendiculatum Hum. & Bonp. ex Dunal. "tuncuaraque"
Solanum candidum Lindl.; "huevos de gato"
Solanum cardiophyllum var. *cardiophyllum* Lindl.
Solanum cervantesii Lagasca
Solanum edinense var. *solamanii* (Hawkes) Hawkes

Solanum madrense Fern.
Solanum nigrescens Mart. & Gal.
Solanum pinnatisectum Dunal
Solanum rostratum Dunal
Solanum sp.
Solanum stoloniferum Schl.
Solanum torvum Sw.; "tomatillo"
Solanum umbellatum Miller
Solanum aff. *verrucosum* Schl.

Sterculiaceae

Ayenia berlandieri Wats.
Melochia pyramidata L.

Styracaceae

Styrax ramirezii Greenm.; "ahuacatillo, kuat'anu"

Symplocaceae

Symplocos prionophylla Hemsl.; "palo blanco, urapiti uku"

Taxodiaceae

Taxodium mucronatum Ten.; "ahuehuete"

Theaceae

Ternstroemia pringlei (Rose) Standley; "palo cuchara, palo rojo, charapiti uku"

Tiliaceae

Heliocharpus terebinthaceus (DC.) Hochr.; "zicuito"
Tilia mexicana Schl.; "tzirimo"
Triumfetta cf. *semitriloba* Jacq.

Typhaceae

Typha latifolia L.; "tule, petalzimicua**"

Ulmaceae

Celtis caudata Planchon, "cuaquil**"

Urticaceae

Myriocarpa brachystachya (L.) Liebm.

Pilea microphylla (L.) Liebm.

Urtica dioica var. *angustifolia* (Ledeb.) Wedd.; "ortiga"

Valerianaceae

Valeriana densiflora Benth.

Valeriana sorbifolia var. *sorbifolia* H.B.K.; "mazatiles*, vauar**"

Valeriana sp.

Valeriana urticifolia H.B.K.

Verbenaceae

Bouchea prismatica (Jacq.) Kuntze

Lantana camara L.; "frutillo, alfombrilla, hedionda*, tres colores**"

Lantana hirta Graham; "frutillo"

Lantana velutina Mart. & Gal.; "amargosilla"

Lippia umbellata Cav.

Priva aspera H.B.K.

Priva mexicana (L.) Pers.

Verbena bipinnatifida Nutt.

Verbena carolina L.

Verbena elegans H.B.K.

Verbena menthaefolia Benth.

Verbena recta H.B.K.

Violaceae

Hybanthus sp.

Viola cf. hookeriana H.B.K.

Viola ciliata Schl.

Vitaceae

Ampelocissus acapulcensis (H.B.K.) Planchon

Cissus sicyoides L.; "tripa de vaca"

Parthenocissus quinquefolia (L.) Planchon

Zannichelliaceae

Zannichellia palustris L.

Zygophyllaceae

Kallstroemia pubescens (G.Don) Dandy

Familles indéterminées

JNL 814

JNL 1028

JNL 1356

JNL 1386

JNL 1696

JNL 1767; "babosilla"

JNL 1797

JNL 1821

JNL 1824; "clavelillo"

JNL 1843

BIBLIOGRAPHIE*

- Aguilera N. et M. Aceves 1974 - Análisis de la carta de suelos del Estado de Michoacán. *Bol. Soc. Mex. Geogr. Estadíst.* 65: 39-44.
- Anonyme 1980 - Situación de la industria resinera en México. *Public. Especial Inst. Nac. Invest. Forest.* 11:1-138.
- Atwater T. 1970 - Implications of plate tectonics for the Cenozoic evolution of western North America. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 81: 3513-3536.
- Axelrod D.I. 1958 - Evolution of the Madro-Tertiary geoflora. *Bot. Rev. Lanc.* 24: 433-509.
- Bagnouls F. et H. Gaussen 1953 - Saison sèche et indice xéothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toul.* 88: 193-239.
- Barrera N. 1986 - La cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán: aproximación al análisis de una región natural. Thèse. Fac. de Filosofía y Letras, UNAM, México, 405 p.
- Barthélémy R. et J. Meyer 1987 - *La casa en el bosque. Las "trojes" de Michoacán.* El Colegio de Michoacán, Zamora, 105 p.
- Becat R. et D. Ruvalcaba 1983 - El riego en México, un ejemplo en el valle de Zamora. *Estampas 1.* El Colegio de Michoacán, Zamora, 20 p.
- Begon M. et al. 1986 - *Ecology, Individuals, Populations and Communities.* Blackwell Scientific Publications, Londres, 876 p.
- Bello M.A. 1983 - Estudio fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Mich. *Bol. Técn. Inst. Nac. Invest. Forest.* 96: 1-56.
- Bello M.A. et J.N. Labat 1987 - Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. *Cuadernos de Estudios Michoacanos 1.* INIFAP / CEMCA, México, 99 p.
- Berry E.W. 1923 - Miocene plants from southern México. *Proc. U.S. Natl. Mus.* 62: 1-27.
- Blasco F. 1971 - Montagnes du Sud de l'Inde: forêts, savanes, écologie. *Trav. Sect. Sci. Tech. Inst. Franç. Pondichéry* 10 (1): 1-384.
- Blásquez L. et R. Lozano 1946 - Hidrogeología y minerales no-metálicos de la zona norte del Estado de Michoacán. *Anales Inst. Geol.* IX, UNAM.
- Bracho R.A. 1985 - Estudio florístico de la parte inferior de la sierra de Monte-Alto, en el Valle de México. Thèse. Fac. de Ciencias, UNAM, México, 94 p.
- Brand D.D. 1952 - Bosquejo histórico de la geografía y la antropología en la región tarasca. *Anales Mus. Michoacano 2* (5): 41-163.
- Braun-Blanquet J. 1952 - Phytosociologie appliquée 1. *Comm. Stat. Int. Géobot. Médit. Montpellier* 116: 156-161.

* Les abréviations sont données selon: Bridson G.D.R. 1991 - *Botanical-Periodicum-Huntianum / Supplementum.* Hunt Institute for Botanical Documentation, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1068 p.

- Bravo H. 1978 - *Las cactáceas de México*. UNAM, México, 775 p.
- Breedlove D.E. 1973 - The phytogeography and vegetation of Chiapas (México). In *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam: 149-165.
- Cabrera E. et al. 1982 - *Imágenes de la flora quintanarroense*. CIQRO, Puerto Morelos, Quintana Roo, 224 p.
- CEMCA 1986a - Informe preliminar general del proyecto arqueológico Michoacán, México. Non publié, 30 p.
- CEMCA 1986b - Primer balance general sobre la arqueología de la región de Zacapu, Michoacán. Exposé présenté à la Reunión sobre la arqueología del norte y del occidente de México como homenaje al doctor J.C. Kelley, Zacatecas.
- Chadwick R. 1971a - Native Pre-Aztec history of Central México. In *Handbook of Middle American Indians* 10. University of Texas Press, Austin: 474-504.
- 1971b - Archeological synthesis of Michoacán and adjacent regions. In *Handbook of Middle American Indians* 10. University of Texas Press, Austin: 657-693.
- Chiang F. 1970 - La vegetación de Córdoba, Ver. Thèse. Fac. de Ciencias, UNAM, México, 51 p.
- Clements F.E. 1916 - Plant succession: analysis of the development of vegetation. *Publ. Carnegie Inst. Wash.* 242: 1-512.
- 1936 - Nature and structure of the climax. *J. Ecol.* 24 (1): 252-284.
- Commons A. 1970 - Extensión territorial del reino de Michoacán. *Bol. Inst. Geogr.* 3. UNAM: 74-89.
- Correa G. 1974 - *Geografía del Estado de Michoacán I: Geografía física*. Ed. del Gobierno del Estado de Michoacán, Morelia, 454 p.
- Correa G. et T. Rodríguez 1974 - Provincias geográficas del Estado de Michoacán. *Bol. Soc. Mex. Geogr. Estadíst.* 65: 23-31.
- Daget J. 1976 - *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson, Paris, 172 p.
- Demant A. 1978 - Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Rev. Inst. Geol. Mex.* 2 (2): 172-187.
- 1981 - L'Axe Néovolcanique Transmexicain. Étude volcanologique et pétrographique, signification géodynamique. Thèse. Université d'Aix-Marseille III, 255 p.
- Demant A. et al. 1976 - El Eje Neovolcánico. III Congreso Latinoamericano de Geología, Acapulco, Libreto guía 4.
- DGSMN 1971-1982 - *Boletín climatológico*. Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, SARH, 799 p.
- 1982 - *Normales climatológicas*. Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, SARH, México, 799 p.
- Dressler R.L. 1956 - Las plantas cultivadas en el México precolombino. *Ciencias Sociales* 7 (40): 277-316.
- Duchaufour P. 1970 - *Précis de pédologie*. Masson, Paris, 438 p.
- 1976 - *Atlas écologique des sols du monde*. Masson, Paris, 192 p.
- 1977 - *Pédologie. I, Pédogénèse et classification*. Masson, Paris, 477 p.
- Dudal R. 1968 - *Approach to soil classification*. FAO, Rome.

- Duellman W.E. 1965 - A biogeographic account of the herpetofauna of Michoacán, México. *Publ. Mus. Nat. Hist. Kansas University* 15: 627-709.
- Eggler W.A. 1948 - Plant communities in the vicinity of the volcano El Parícutín, México, after two and a half years of eruption. *Ecology* 29 (4): 415-436.
- 1959 - Manner of invasion of volcanic deposits by plants with further evidence from Parícutín and Jorullo. *Ecol. Monogr.* 29 (3): 267-284.
- Emberger L. 1960 - *Traité de botanique II. Les végétaux vasculaires*. Masson, Paris, 1539 p.
- Equihua M.E. 1983 - Estudio florístico de la vertiente oriental de la sierra de Tezontlalpan en el Estado de México. Thèse. Fac. de Ciencias, UNAM, México, 101 p.
- Ern H. 1976 - Descripción de la vegetación montañosa en los estados de Puebla y de Tlaxcala. *Willdenowia* 10: 1-105.
- Espín J.L. 1986 - *Tierra fría, tierra de conflictos en Michoacán*. El Colegio de Michoacán, Zamora, 236 p.
- Fitzpatrick E.A. 1985 - *Suelos, su formación, clasificación y distribución*. CECSA, México, 430 p.
- Flores G. et al. 1971 - *Tipos de vegetación de la República Mexicana*. SARH, México, 59 p.
- García E. 1965 - Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Publ. Inst. Geogr. Mex.* 1: 171-191.
- 1973 - *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM, México, 246 p.
- Gausson H. 1954 - *Géographie des plantes*. Colin, Paris, 224 p.
- Gentry A.H. 1982 - Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations or an accident of the Andean Orogeny? *Ann. Missouri Bot. Gard.* 69: 557-593.
- Gentry H.S. 1942 - Río Mayo plants. *Publ. Carnegie Inst. Wash.* 527: 1-328.
- 1946a - Notes on the vegetation of sierra Surotato in northern Sinaloa. *Bull. Torrey Bot. Club* 73: 451-462.
- 1946b - Sierra Tacuichamona, a Sinaloa plant locale. *Bull. Torrey Bot. Club* 73: 356-362.
- Godron M. et al. 1983 - *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. CNRS, Paris, 292 p.
- Gómez-Pompa A. 1966 - *Estudios botánicos en la región de Misantra, Veracruz*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, 173 p.
- 1977 - *Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz*. CECSA / INIREB, México, 91 p.
- Gómez-Tagle A., X. Madrigal et M.A. Bello 1981 - La distribución de los suelos y de la vegetación forestal en la Sierra Tarasca, Estado de Michoacán, México. VIII Congreso Mexicano de Botánica, Morelia, resumen 351.
- González L.M. 1986 - Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Jalisco. *Colección Flora de Jalisco*. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara., Guadalajara, 240 p.
- Good R. 1953 - *The Geography of Flowering Plants*. Longmans, Green and Co., Londres, 452 p.
- Gounot M. 1961 - Les méthodes d'inventaire de la végétation. *Bull. Serv. Carte Phyto-géogr. série B*, 6 (1): 7-73.

- Gouy C. 1987 - Ocumicho y Patamban, dos maneras de ser artesano. *Cuadernos de Estudios Michoacanos* 2. CEMCA, México, 60 p.
- Graham A. 1973 - History of the arborescent temperate element in the Northern Latin America biota. In *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam: 301-314.
- Guridi L.I. 1980 - La madera en las artesanías del Estado de Michoacán. *Bol. Divulg. Inst. Nac. Invest. Forest.* 50: 1-128.
- Guzmán G. et L. Vela 1960 - Contribución al conocimiento de la vegetación del suroeste del Estado de Zacatecas. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 25: 46-60.
- Hernández H.M. et Y. Carreón 1987 - Notas sobre la ecología reproductiva de árboles en un bosque mesófilo de montaña en Michoacán, México. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 47: 25-35.
- Hernández M.T. et A.F. Gómez-Tagle 1986 - Determinación del uso actual del suelo forestal de la comunidad indígena de Cherán. *Serie técnica (época 3)* 5, CFEM / INIFAP / CIFO, Morelia, 138 p.
- Hernández E. et al. 1951 - A unique vegetational area in Tamaulipas. *Bull. Torrey Bot. Club* 78 (6): 458-463.
- Heywood V.H. 1985 - *Flowering Plants of the World*. Croom Helm, Londres, 336 p.
- Hill J.B. 1969 - Temperature variabilities and synoptic cold fronts in the winter climate of México. *Climatological Research* serie 4. Dept. of Geography, Mc Gill University, Montreal.
- INEGI 1985 - *Síntesis geográfica del Estado de Michoacán y Anexo cartográfico*. Inst. Nac. Estadíst. Geogr. Informát., México, 316 p.
- Krebs C.J. 1978 - *Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper International Edition, New York, 678 p.
- Labat J.N. 1983 - Le milieu naturel au Michoacán, Mexique, étude générale, étude bioclimatique. DEA. Botanique Tropicale, Université de Paris VI, 46 p.
- 1985 - Estudio bioclimatológico del Estado de Michoacán, México, según la clasificación de Bagnouls y Gaussen. *TRACE* 8: 36-45.
- 1987a - Structures et dégradations de la forêt mésophile de pins de la Sierra Tarasca, Michoacán, Mexique. *Bull. Ecol. Brunoy* 18 (3): 97-106.
- 1987b - Le fourré subtropical et la forêt tropicale caducifoliée du Nord-Ouest de l'état du Michoacán, Mexique: structure et affinités floristiques. *TRACE* 12: 3-11.
- 1988 - Végétation du Nord-Ouest du Michoacán (Mexique): écologie, composition floristique et structure de groupements végétaux. Thèse. Université de Paris VI, Paris, 368 p.
- Lauer W. 1973 - Problemas climático-ecológicos de la vegetación de la región montañosa oriental mexicana. *Comunicaciones del Proyecto Puebla Tlaxcala* 7: 37-46.
- Leavenworth W.C. 1946 - A preliminary study of the vegetation of the region between cerro Tancitaro and the río Tepalcatepec, Michoacán, México. *Amer. Midl. Naturalist* 36: 137-206.
- Lecoin S., N. Percheron et F. Vergneault 1986 - Cartographie historique: le diocèse du Michoacán au XVII^e siècle d'après les Relations géographiques des Indes, 1579-1582. *TRACE* 10: 15-25.

- Legris P. 1963 - La végétation de l'Inde: écologie et flore. Thèse. Université de Toulouse, Toulouse, 596 p.
- Legris P. et F. Blasco 1969 - Variabilité des facteurs du climat. *Trav. Sect. Sci. Techn. Inst. Franç. Pondichéry* 3 (2), 95 p.
- Leopold A.S. 1950 - Vegetation zones of México. *Ecology* 31: 507-518.
- Lesueur H. 1945 - The ecology of the vegetation of Chihuahua, México, North of Parallel 28. *Publ.* 4521. University of Texas, 92 p.
- Levenson J.B. 1981 - The southern mesic forest of southeastern Wisconsin: species composition and community structure. *Contr. Biol. Geol. Milwaukee Public Mus.* 41: 1-246.
- Linck T. 1982 - Estrategias campesinas y agropolítica: un caso en la meseta tarasca. *Relaciones* 3 (9): 49-96.
- Lindsey A.A. 1956 - Sampling method and community attributes in forest ecology. *Forest Sci.* 2: 287-296.
- Little E.L. 1962 - *Variación y evolución de los pinos mexicanos*. In *Seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas*. Pub. Esp. Inst. Nac. Invest. Forest. 1: 94-107.
- Long G. 1969 - Conceptions générales sur la cartographie biogéographique intégrée de la végétation et du milieu. *Ann. Géogr.* 427: 259-285
- 1974 - *Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. I, principes généraux et méthodes*. Masson, Paris, 252 p.
- Loock E.E.M. 1950 - The pines of México and British Honduras. *Union of South Africa Dept. Forest. Pretoria Bull.* 35, 224 p.
- Lorenzo S.A. et al. 1983 - Notas sobre la fitogeografía del bosque mesófilo de montaña en la Sierra Madre del Sur, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 44: 97-102.
- Lynn W.S. et B.T.R. Lewis 1976 - Tectonic evolution of the northern Coco Plate. *Geology* 4: 718-722.
- MacNeish R.S. et al. 1967 - *The Prehistory of the Tehuacan Valley. 1 - Environment and subsistence*. University of Texas Press, Austin.
- Maderey L.E. 1974 - Los manantiales de Michoacán. *Bol. Soc. Mex. Estadíst.* 65: 65-77.
- Madrigal X. 1967 - Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* [HBK] Schl. et Cham.) en el Valle de México. *Bol. Técn. Inst. Nac. Invest. Forest.* 18: 1-94.
- 1982 - Claves para la identificación de las coníferas silvestres del Estado de Michoacán. *Bol. Técn. Inst. Nac. Invest. Forest.* 58: 1-100.
- Mapes C., G. Guzmán et J. Caballero 1981 - Etnomicología purépecha. *Cuadernos de Etnobiología. Serie Etnociencia* 2. Dirección General de Culturas Populares, 79 p.
- Margaleff R. 1957 - La teoría de la información en ecología. *Mem. Real. Acad. Cienc. Barcelona* 32 (13): 373-449.
- Martin P.S. 1958 - A biogeography of reptiles and amphibians in the Gómez Farías region, Tamaulipas, México. *Misc. Publ. Mus. Zool. University Michigan* 101: 1-102.
- Martínez M. 1945 - Las pináceas mexicanas. I, Género *Pinus*. *Anales Inst. Biol.* 16. UNAM: 1-345.

- 1953 - *Las pináceas mexicanas*. Subsecretaría de Recursos Forestales y de Caza, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, 363 p.
- 1979 - *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica, México, 1220 p.
- Martínez M. et E. Matuda 1979 - *Flora del Estado de México*. Gobierno del Estado de México, Toluca, 3 vols., 483, 549 y 527 p.
- Mas Porras J. 1978 - *Características del crecimiento de seis especies mexicanas de pino con gran futuro para reforestaciones artificiales*. In *Plantaciones forestales, primera reunión nacional*. Public. Esp. Inst. Nac. Invest. Forest., 13: 27-72.
- Mas Porras J. et Prado A. 1981 - *Comparación del método de resinación de pino de corteza con estimulantes contra el método francés*. *Bol. Técn. Inst. Nac. Invest. Forest.* 35: 1-45.
- Maull O. 1936 - *Die Bestimmung der Tropen am Beispiel Americas*. *Festschrift 3, Hundertjahrfeier d. Ver. f. Geogr. zu Frankfurt*: 337-365.
- Maysilles J.H. 1959 - *Floral Relationships of the Pine Forest of Western Durango, México*. Thèse. University of Michigan, Ann Arbor, 165 p.
- McVaugh R. 1952 - *A trip to a botanically little known area in Querétaro*. *Asa Gray Bull.*, hors série 1: 169-174.
- 1974 - *Flora novo-galiciana*. *Contr. University Michigan Herb.* 1 (3): 1-93.
- Migeon G. 1984 - *L'habitat postclassique dans la région de Zacapu, Michoacán: répartition et typologie des sites, première approche*. *Bulletin CEMCA* 6: 38-52.
- Miranda F. 1947 - *Estudios sobre la vegetación de México. V. Rasgos de la vegetación en la cuenca del río Balsas*. *Revista Soc. Mex. Hist. Nat.* 8: 95-114.
- 1952 - *La vegetación de Chiapas*. Ediciones del Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez, 2 vols.
- 1960 - *Posible significación del porcentaje de géneros bicontinentales en América Tropical*. *Anales Inst. Biol.* 30. UNAM: 117-150
- Miranda F. et E. Hernández 1963 - *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28: 29-179.
- Miranda F. et A.J. Sharp 1950 - *Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of eastern México*. *Ecology* 31 (3): 313-333.
- Moncayo F. et C. González 1979 - *Michoacán forestal: datos y cifras. Serie información (época 2ª)* 20. CFEM, Morelia, 55 p.
- Mosiño P. 1959 - *La precipitación y las configuraciones del flujo aéreo en la República Mexicana*. *Revista de Ingeniería Hidráulica de México* 13 (3): 9-20.
- 1966 - *Factores determinantes del clima en la República Mexicana con referencia especial a las zonas áridas*. Departamento de Prehistoria, INAH, México, 22 p.
- 1974 - *Los climas de la República Mexicana*. In *El escenario geográfico, introducción ecológica*. INAH, México: 57-172.
- Mosiño P. et E. García 1973 - *The climate of México*. In *Climates of North America*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam: 345-404.
- Muller C.H. 1939 - *Relations of the vegetation and climatic types in Nuevo León, México*. *Amer. Midl. Naturalist* 21: 687-729.
- Narave H. 1985 - *La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz, México*. *Biótica* 10(1): 35-64.

- Niederberger Ch. 1987 - Paléopaysages et archéologie pré-urbaine du Bassin de México. *Collection Études Mésoaméricaines I* (11). CEMCA, México, 2 tomes, 855 p.
- Osorio M.A. 1984 - Flora y vegetación de la parte superior de la sierra de Monte Alto en el Valle de México. Thèse. Fac. de Ciencias, UNAM, México, 109 p.
- Ozenda P. 1982 - *Les végétaux dans la biosphère*. Doin, Paris, 431 p.
- Padilla S. 1970 - La influencia de Vasco de Quiroga en las artesanías del Estado de Michoacán. *Bol. Inst. Geogr.* 3. UNAM: 66-73.
- Pascal J.P. 1983 - Les forêts denses humides sempervirentes de basse et moyenne altitude du Sud de l'Inde: écologie, structure, floristique et succession. Thèse. Université de Toulouse, Toulouse.
- Passini M.-F. 1982 - Les forêts de *Pinus cembroides* au Mexique. *Collection Études Mésoaméricaines II* (5). MAEFM. Éd. Recherche sur les civilisations, Paris, 373 p.
- Pérez P. 1985 - Les relations entre les cultures irriguées et les cultures de temporal dans deux communautés du Nord-Ouest du Michoacán, Mexique. Mémoire de maîtrise, UER de Géographie, Université de Paris I, 118 p.
- Puig H. 1970 - Étude phytogéographique de la sierra de Tamaulipas. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 106 (1-2): 59-79.
- 1971 - Contribution à la dénomination et à la caractérisation de certains types de végétation semi-aride du Mexique. In 96^e Congrès National des Sociétés Savantes Toulouse. *Sciences (Paris)* 4: 561-569.
- 1976 - Végétation de la Huasteca, Mexique. *Collection Études Mésoaméricaines I* (5). MAEFM, México, 531 p.
- 1979 - Notice de la feuille de Guadalajara-Tampico. *Trav. Sect. Sci. Techn. Inst. Franç. Pondichéry*, hors série 16, 139 p.
- Puig H. et R. Bracho (éds) 1987 - *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología, México, 186 p.
- Puig H. et al. 1983 - Composición florística y estructura del bosque mesófilo en Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biótica* 8: 339-359.
- Raven, P.H. et Axelrod D.I. 1974 - Angiosperm biogeography and past continental movements. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 61: 539-673.
- Rey P. 1960 - *Essai de phytocinétique biogéographique*. CNRS, Paris, 391 p.
- Reyna T. 1971 - El clima de la Sierra Tarasca según el sistema original de Köppen y el modificado por García. *Bol. Inst. Geogr.* 4. UNAM: 37-48.
- 1974 - Relación entre el clima y la vegetación en la cuenca del río Tepalcatepec, Michoacán. *Bol. Soc. Mex. Geogr. Estadíst.* 65: 45-52.
- 1975 - Relaciones entre el clima y las principales asociaciones vegetales en la Sierra Tarasca. Estudio preliminar. *Bol. Inst. Geogr.* 6. UNAM: 87-96.
- Reyna T. et al. 1974 - Suelos derivados de cenizas volcánicas y de andos y sus relaciones con el clima en el municipio de Uruapan, Michoacán. *Bol. Inst. Geogr.* 5. UNAM: 131-161.
- Rivas A. s.d. - Estudio sinecológico del municipio de Acámbaro, Guanajuato, México. Thèse. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

- Robert M.-F. 1973 - Contribution à l'étude des forêts de *Pinus cembroides* dans l'Est du Mexique. Thèse. Université de Montpellier, Montpellier, 131 p.
- Rollet B. 1974 - *L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines*. CTFT, Nogent-sur-Marne, 298 p.
- Rueda-Gaxiola J. 1967 - Contribution à l'étude palynologique et pétrographique du charbon crétacé du bassin de Sabinas, Coahuila, Mexique. Thèse. Université de Lille, 3 vols.
- Rzedowski J. 1954 - Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales Esc. Nac. Cienc. Biol.* 8 (1-2): 59-129.
- 1955 - Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí II. *Ciencia* 15. México: 141-158.
- 1962 - Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México. I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora de México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 27: 52-65.
- 1965 - Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 29: 121-177.
- 1966 - Vegetación del Estado de San Luis Potosí. *Act. Cient. Potos.* 5: 5-291.
- 1970 - Nota sobre el bosque mesófilo de montaña en el Valle de México. *Anales Esc. Nac. Cienc. Biol.* 18: 91-106.
- 1972 - Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México. III. Algunas tendencias en la distribución geográfica de las Compositae mexicanas. *Ciencia México* 27: 123-132.
- 1973 - Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. In *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam: 61-72.
- 1978 - *Vegetación de México*. Limusa, México, 432 p.
- 1979 - Los bosques secos y semihúmedos de México con afinidades neotropicales. In *Tópicos de ecología contemporánea* (J. Rabinovich et G. Halffter eds). Fondo de Cultura Económica, México: 37-46.
- Rzedowski J. et R. McVaugh 1966 - La vegetación de Nueva Galicia. *Contr. Univ. Michigan Herb.* 9: 1-123.
- Rzedowski J. et R. Palacios 1977 - El bosque de *Engelhardtia (Oreomunnea) mexicana* en la región de la Chinantla (Oaxaca, México) - Una reliquia del Cenozoico. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 36: 93-127.
- Rzedowski J. et G. Rzedowski 1979 - *Flora fanerogámica del Valle de México* I. Cía Editorial Continental, México, 403 p.
- 1986 - *Flora fanerogámica del Valle de México* II. Instituto de Ecología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, 674 p.
- 1987 - El bosque tropical caducifolio de la región mexicana del Bajío. *TRACE* 12: 12-21.
- Rzedowski J. et al. 1977 - Algunas consideraciones acerca de la dinámica de los bosques de coníferas en México. *Cienc. Forest.* 2 (5): 15-35.
- Sánchez O. 1976 - *La flora del Valle de México*. Ed. Herrero, México, 519 p.

- Santana R. 1986 - Atapan: el paisaje urbano de un pueblo aguacatero. *Relaciones* 25: 135-156.
- Sarukhán J. 1968 - Los tipos de vegetación arbórea de la zona cálido-húmeda de México. In *Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México* (T.D. Pennington et J. Sarukhán eds). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y FAO, México: 3-46.
- Segerstrom K. 1950 - Erosion studies at Paricutín, State of Michoacán, México. *U.S. Geol. Survey Bull.* 965: 1-164.
- Settle M. 1979 - The structure and emplacement of cinder cone fields. *Amer. J. Sci.* 5 (279): 1089-1107.
- Shannon E.H. et W. Weaver 1949 - *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117 p.
- Sharp A.J. 1953 - Notes of the Flora of México: world distribution of the woody dicotyledonous families and the origin of the modern vegetation. *J. Ecol.* 41: 374-380.
- 1966 - Some aspects of Mexican phytogeography. *Ciencia México* 24: 229-232.
- Sharp A.J. et al. 1950 - Nota florística de una asociación importante del suroeste de Tamaulipas. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 11: 1-4.
- Shreve F. 1937 - The vegetation of the Cape region of Baja California. *Madroño* 4: 105-113.
- Shreve F. et I.L. Wiggins 1977 - *Vegetation and flora of the Sonoran Desert*. Stanford University Press, Stanford, 2 vols. 1740 p.
- Silva J. 1986 - Encyclopaedia Coniferae. *Phytologia, Mem.* VII, 217 p.
- Soil Survey Staff 1975 - *Soil taxonomy. Agricultural Handbook* 436. Washington, 754 p.
- Sorensen T. 1948 - A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *K. Danske Vidensk. Selsk. Biologiske* 5: 1-34.
- Sousa M. 1968 - Ecología de las leguminosas de los Tuxtlas, Veracruz. *Anales Inst. Biol. Mex. serie Bot.* 39. UNAM: 121-160.
- Standley P.C. 1920-1926 - Trees and shrubs of México. *Contr. U.S. Nat. Herb.* 23: 1-1721.
- Steyermark J.A. 1950 - Flora of Guatemala. *Ecology* 31: 368-372.
- Toledo V.M. et N. Barrera 1984 - *Ecología y desarrollo rural en Pátzcuaro*. Instituto de Biología, UNAM, México, 224 p.
- Toledo V.M. et al. 1980 - Los purépechas de Pátzcuaro: una aproximación ecológica. *Amer. Indig.* 90 (1): 17-56.
- Trochain J.L. 1980 - *Écologie végétale de la zone intertropicale non désertique*. Université Paul-Sabatier, Toulouse, 468 p.
- Tryon R. 1972 - Endemic areas and geographic speciation in tropical American ferns. *Biotropica* 4: 121-131
- Turner B.L. 1960 - Phytogeographic reconnaissance: the western segment of the Michoacán coast. In *Coalcomán and Motines del Oro* (D.D. Brand éd.). La Haye: 272-282.
- Valdez V. et M.L. Aguilar 1983 - El género *Quercus* en las unidades fisonómico-flo-

- rísticas del municipio de Santiago, N.L., México. *Bol. Técn. Inst. Nac. Invest. Forest.* 98: 1-94.
- Vargas Y.A. 1982 - Análisis florístico y fitogeográfico de un bosque mesófilo de montaña en Huayacocotla, Ver. Thèse. Instituto de Biología, UNAM, México, 100 p.
- Verduzco J. et al. 1962 - *Ecología y silvicultura*. In *Seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas*. Publ. Esp. Inst. Nac. Invest. Forest. 1: 77-93.
- Vivó Escoto J.A. 1954 - Weather and climate of México and Central America. In *Handbook of Middle American Indians I*. University of Texas Press, Austin: 187-215.
- Watts W.A. et J.P. Bradbury 1982 - Paleocological studies at Lake Pátzcuaro on the West-Central Mexican Plateau and at Chalco in the Bassin of México. *Quatern. Res.* 17: 56-70.
- Willis J.C. 1985 - *A Dictionary of the Flowering Plants and Ferns*. Cambridge University Press, Cambridge, 1245 p.
- Zuill H.A. et E.W. Lathrop 1975 - The structure and climate of a tropical mountain rain forest and an associated temperate pine-oak-liquidambar forest in the northern highlands of Chiapas, México. *Anales Inst. Biol. Mex. serie Bot.* 46 (1). UNAM: 73-118.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Carte générale du Nord-Ouest du Michoacán	38
Figure 2 - Topographie de la zone d'étude	39
Figure 3 - Carte pédologique	48
Figure 4 - Gradient thermique annuel moyen	56
Figure 5 - Gradients thermiques de juillet et de janvier	56
Figure 6 - Gradient thermique de la moyenne annuelle des températures minimales extrêmes	56
Figure 7 - Diagrammes ombrothermiques	60
Figure 8 - Carte bioclimatique	64
Figure 9 - Modèle de la structure totale du nombre de tiges de la forêt mésophile de sapins (R405)	128
Figure 10 - Distribution du nombre de tiges d' <i>Abies religiosa</i> dans le relevé R424 et structure de ce peuplement en considérant les souches	128
Figure 11 - Diagramme ombrothermique de la forêt mésophile de pins	138
Figure 12 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt mésophile de pins	138
Figure 13 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt mésophile de pins	138
Figure 14 - Relations entre la densité et la surface terrière totales dans les relevés de la forêt mésophile de pins	148
Figure 15 - Modèles de la structure totale du nombre de tiges de la forêt mésophile de pins (R403, R310 <i>t</i> et R310 <i>v</i>)	152
Figure 16 - Modèles de la structure totale de la surface terrière de la forêt mésophile de pins (R310 <i>v</i> et R407)	152
Figure 17 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de <i>Quercus obtusata</i> dans une forêt mésophile de pins ayant subi une coupe ancienne et importante (R402)	158
Figure 18 - Structure du nombre de tiges d' <i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>jorullensis</i> (R310 <i>t</i>) et effet immédiat d'un incendie (R310 <i>v</i>)	158
Figure 19 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de <i>Pinus leiophylla</i> dans une forêt mésophile de pins ouverte ayant subi une coupe importante (R410)	160

Figure 20 - Modèles de structures en cloche du nombre de tiges et de la surface terrière des espèces de <i>Pinus</i> de la forêt mésophile de pins (<i>Pinus leiohylla</i> , R304)	160
Figure 21 - Structures de <i>Pinus pseudostrobus</i> consécutives à un entretien sylvicole (R425)	162
Figure 22 - Diagrammes ombrothermiques de la forêt thermophile de pins	166
Figure 23 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt thermophile de pins	168
Figure 24 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt thermophile de pins	170
Figure 25 - Modèles des structures totales du nombre de tiges (R411 et R413) et de la surface terrière (R412) de la forêt thermophile de pins	180
Figure 26 - Modèles des structures du nombre de tiges et de la surface terrière des espèces de <i>Pinus</i> de la forêt thermophile de pins (<i>Pinus douglasiana</i> , R411)	180
Figure 27 - Structures totales du nombre de tiges et de la surface terrière de la forêt mésophile de montagne de haute altitude (R423)	198
Figure 28 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de <i>Pinus pseudostrobus</i> dans la forêt mésophile de montagne de haute altitude (R426)	200
Figure 29 - Structure du nombre de tiges d' <i>Abies religiosa</i> dans la forêt mésophile de montagne de haute altitude (R426)	202
Figure 30 - Modèle de structures du nombre de tiges des arbres bas de la forêt mésophile de montagne de haute altitude (<i>Styrax ramirezii</i> , R423)	202
Figure 31 - Diagrammes ombrothermiques de la forêt de chênes	210
Figure 32 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt de chênes	212
Figure 33 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt de chênes	214
Figure 34 - Relations entre la densité et la surface terrière totales dans les relevés de la forêt de chênes	224
Figure 35 - Modèles de structures totales du nombre de tiges (R306 et R427) et de la surface terrière (R306) dans les forêts hautes de chênes	230
Figure 36 - Modèles de structures totales du nombre de tiges (R307) et de la surface terrière (R307 et R602) dans les forêts basses de chênes	232
Figure 37 - Structures totales du nombre de tiges et de la surface terrière d'un peuplement intermédiaire entre une forêt haute et une forêt basse de chênes (R601)	232
Figure 38 - Modèles de structures du nombre de tiges (R427) et de la surface terrière (R306) de <i>Quercus sideroxylo</i> dans les forêts hautes de chênes	234

Figure 39 - Modèles de structures du nombre de tiges (R302) de <i>Quercus sideroxyla</i> dans les forêts basses de chênes	234
Figure 40 - Modèles de structures du nombre de tiges et de la surface terrière de <i>Quercus obtusata</i> dans les forêts hautes de chênes (R427)	234
Figure 41 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de <i>Quercus laeta</i> dans une forêt basse de chênes (R602)	236
Figure 42 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de <i>Quercus candicans</i> dans une forêt basse de chênes (R601)	236
Figure 43 - Diagrammes ombrothermiques de la forêt tropicale caducifoliée	246
Figure 44 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la forêt tropicale caducifoliée	248
Figure 45 - Variabilité interannuelle du nombre de jours de pluie dans la forêt tropicale caducifoliée	250
Figure 46 - Profil schématique de la forêt tropicale caducifoliée du Nord-Ouest du Michoacán. Barranca del Diablo, cerro de Zináparo, municipio Churintzio, 1 950 m (R414)	252
Figure 47 - Relations entre la densité et la surface terrière totales dans les relevés de la forêt tropicale caducifoliée	274
Figure 48 - Modèle de la structure du nombre de tiges de la forêt tropicale caducifoliée (R414)	278
Figure 49 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière de <i>Randia canescens</i> dans un fourré secondaire de la forêt tropicale caducifoliée (R418)	278
Figure 50 - Structures du nombre de tiges et de la surface terrière d' <i>Acacia pennatula</i> dans une forêt tropicale caducifoliée (R420)	278
Figure 51 - Structures du nombre de tiges (R421 et R420) et de la surface terrière (R414 et R420) d' <i>Ipomoea murucoides</i> dans les forêts et les fourrés tropicaux caducifoliés	282
Figure 52 - Structures du nombre de tiges (R420 et R414) et de la surface terrière (R414) d' <i>Heliocarpus terebinthaceus</i> dans la forêt tropicale caducifoliée .	282
Figure 53 - Aires hypso-ombriques théoriques des groupements végétaux .	304
Figure 54 - Aires hypso-thermiques théoriques des groupements végétaux .	304
Figure 55 - Aires ombro-thermiques théoriques des groupements végétaux .	306
Figure 56 - Aires théoriques de distribution des groupements végétaux par rapport à la durée de la saison sèche et à l'altitude	306
Figure 57 - Transect de végétation NE-SO entre le río Lerma et le cerro La Aguja	308
Figure 58 - Schéma des relations sol-végétation-climat	310
Figure 59 - Similitudes floristiques entre les groupements	310

Figure 60 - Affinités floristiques générales des groupements végétaux au niveau générique	312
Figure 61 - Affinités floristiques générales des groupements végétaux au niveau spécifique	314
Figure 62 - Densités et surfaces terrières des groupements végétaux	316
Figure 63 - Évolution de la diversité floristique entre les groupements végétaux	316
Carte de la végétation potentielle du Nord-Ouest du Michoacán	318

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 - Vue de la Sierra Tarasque vers l'Est à partir de Guanatini, Pamatácuaro, municipio Los Reyes	40
Photo 2 - Vue aérienne de la dépression du Lerma avec, au Nord, le cerro de Zináparo	42
Photo 3 - Exploitation du bois de sapin. Cerro de Patamban, municipio Los Reyes, 2 960 m	72
Photo 4 - Forêt de sapins. Cerro La Curinda, municipio Nahuatzen, 3 050 m, R405	126
Photo 5 - Forêt de sapins exploitée. Cerro de Patamban, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 960 m, R424	126
Photo 6 - Prairie de montagne induite. Cerro La Curinda, municipio Nahuatzen, 3 000 m	130
Photo 7 - Régénération de <i>Pinus leiophylla</i> dans une forêt mésophile de pins (R410). Corupshangaru, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 300 m	154
Photo 8 - Régénération de <i>Quercus crassipes</i> et <i>Q. obtusata</i> dans une forêt mésophile de pins (R407), 4 km à l'ouest d'El Pueblito, municipio Zacapu, 2 180 m	154
Photo 9 - Forêt mésophile de pins gemmée (R409). Ucalareo, Ocumicho, municipio Charapan, 2 500 m	156
Photo 10 - Forêt mésophile de pins entretenue pour l'exploitation du bois de <i>Pinus pseudostrobus</i> (R425). Tsambas, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 520 m	163
Photo 11 - Forêt thermophile de pins dense où régénèrent <i>Pinus douglasiana</i> et <i>P. oocarpa</i> (R411). El Picacho Chiquito, Atapan, municipio Los Reyes, 1 700 m	176
Photo 12 - Sous-bois de la forêt mésophile de montagne. Guanatini, Pamatácuaro, municipio Los Reyes, 2 500 m	188
Photo 13 - Litière épaisse formée par les feuilles coriaces de chênes (R601) Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 500 m	206
Photo 14 - Forêt haute de chênes de la Sierra Tarasque (R404). La Pequeña de Cofradía, municipio Zacapu, 2 360 m	266
Photo 15 - Forêt basse de chênes du Nord de la dépression du Lerma (R602). Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 200 m	227
Photo 16 - Rejets multiples de la base de <i>Quercus deserticola</i> dans une forêt basse de chênes (R602). Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 200 m	238
Photo 17 - Erosion d'un sol déforesté après quelques années de mise en cul-	

- ture. Au centre de la photographie, deux espèces secondaires: *Quercus laeta* (à gauche) et *Ipomoea murucoides* (à droite). Cerro Grande de La Piedad, municipio La Piedad, 2 050 m 238
- Photo 18 - Chèvres broutant les feuilles de *Quercus deserticola* dans un fourré clair secondaire, en saison sèche. Yácatas del Metate, Aguanuato, municipio Panindícuaro, 2 150 m 240
- Photo 19 - Prairie arbustive secondaire de la forêt de chênes avec des individus isolés de *Quercus deserticola* de 2 à 4 m de haut. Les touffes arbustives sont constituées par *Baccharis pteronioides*, *Buddleia sessiliflora*, *Acacia farnesiana* et, au premier plan, *Eysenhardtia polystachya*. Yácatas del Metate, Aguanuato, municipio Panindícuaro, 2150 m 241
- Photo 20 - Fourré bas et dense de *Quercus frutex*. Las Pomas, cerro de Zináparo, municipio Churintzio, 2 180 m 241
- Photo 21 - Site refuge de la forêt tropicale caducifoliée, exposé au sud, entre 1 900 et 2 050 m d'altitude (R414). Barranca de los Palos Amarillos (en bas) et barranca del Diablo (en haut). Cerro de Zináparo, municipio Churintzio 244
- Photo 22 - Forêt tropicale caducifoliée; de 5 à 6 m de hauteur avec des émergents de 8 à 9 m de hauteur (R420). Nord-Est de la Estanzuela, municipio Ixtlán, 1 570 m 244
- Photo 23 - Forêt tropicale caducifoliée à gauche un individu d'*Heliocarpus terebinthaceus* de la strate arborée et un émergent, *Euphorbia fulva*, avec un tronc droit et luisant avec la présence d'un latex blanc caractéristique. Barranca de Los Palos Amarillos, cerro de Zináparo, municipio Churintzio, 1 990 m 254
- Photo 24 - Fourré clair dominé par *Acacia pennatula* et *Ipomoea murucoides*. Cerro La Cantera, municipio Panindícuaro, 1 900 m 256
- Photo 25 - Prairie arbustive avec *Acacia* spp. Cerro La Cantera, municipio Panindícuaro, 1 950 m 256
- Photo 26 - Fourré dense de 4 à 5 m de haut dominé par *Lysiloma microphyllum* (R422). Barranca de los Guayabos, Chaparaco, municipio Zamora, 1 670 m 258
- Photo 27 - *Acacia pennatula* de 5 m de hauteur dans un fourré clair, après 25 ans d'abandon cultural. El Potrero Largo, Sanguijuelas, municipio Churintzio, 1 870 m 260
- Photo 28 - *Ipomoea murucoides* de 6 m de hauteur dans un fourré clair, après 25 ans d'abandon cultural. El Potrero Largo, Sanguijuelas, municipio Churintzio, 1 870 m 260
- Photo 29 - Végétation d'une coulée de lave. Malpaís de Milpillás, municipio Zacapu, 2 150 m 286
- Photo 30 - Malpaís Negro, coulée de lave récente (moins de 2 000 ans). Noter la présence d'*Opuntia* spp. et de quelques plantes herbacées dans les petites dépressions. Malpaís Prieto, municipio Villa Jiménez, 2 220 m 294

- Photo 31 - Site archéologique du Malpaís Prieto. Noter le degré d'évolution de la végétation; il s'agit de la même coulée que celle de la Photo 30. Malpaís Prieto, municipio Villa Jiménez, 2 220 m 294
- Photo 32 - Invasión des canaux d'irrigation par *Eichhornia crassipes*. Grand canal d'irrigation de la Ciénega de Zacapu, près de Tarejero, municipio Zacapu, 2 000 m 296
- Photo 33 - Tapis de plantes aquatiques, flottantes ou plus ou moins enracinées, couvrant un canal d'irrigation juste avant un pont. Noter les taches successives de *Polygonum* spp. et *Eichhornia crassipes* en particulier. Grand canal d'irrigation de la Ciénega de Zacapu, près de Tarejero, municipio Zacapu, 2 000 m 298
- Photo 34 - Vue panoramique de la plaine du Lerma depuis l'escarpement de Penjamillo. Cette plaine est entièrement cultivée et irriguée; noter la présence des arbres isolés, qui sont, pour la plupart, des mezquites, *Prosopis laevigata* 298

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Correspondance, pour les sols de la zone d'étude, entre la terminologie FAO (en espagnol) et la terminologie française de Duchaufour . . .	47
Tableau 2 - Paramètres thermiques	59
Tableau 3 - Répartition géographique générale des familles de plantes vasculaires du Nord-Ouest du Michoacán et de dicotylédones ayant des espèces ligneuses du Mexique (Sharp 1953) et du Nord-Ouest du Michoacán . . .	82
Tableau 4 - Classification géographique des familles de plantes vasculaires présentes dans le Nord-Ouest du Michoacán selon les types de distribution définis par Sharp (1953)	83
Tableau 5 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces selon les types de distribution	84
Tableau 6 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt mésophile de sapins selon les types de distribution	124
Tableau 7 - Affinités floristiques générales de la forêt mésophile de sapins selon les strates: arborée (avec les éléments arborés bas isolés), arbustive et herbacée	125
Tableau 8 - Paramètres structuraux moyens de la forêt de sapins	127
Tableau 9 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt mésophile de pins selon les types de distribution	144
Tableau 10 - Affinités floristiques générales de la forêt mésophile de pins selon les strates: arborées (supérieure et inférieure), arbustive et herbacée . .	145
Tableau 11 - Nature et intensité des facteurs de dégradation anthropique dans les stations étudiées de la forêt mésophile de pins	147
Tableau 12 - Paramètres structuraux moyens de la forêt mésophile de pins .	150
Tableau 13 - IVI des principales espèces de la forêt mésophile de pins par relevé, avec les valeurs moyennes pour les 5 espèces de pins ainsi que la somme pour le genre <i>Pinus</i> , pour les espèces de chênes (<i>Quercus</i> spp.) et pour <i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>jorullensis</i>	151
Tableau 14 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt thermophile de pins selon les types de distribution	174
Tableau 15 - Affinités floristiques générales de la forêt thermophile de pins selon les strates: arborées (supérieure et inférieure), arbustive et herbacée .	175

Tableau 16 - Paramètres structuraux moyens de la forêt thermophile de pins	178
Tableau 17 - IVI des genres <i>Pinus</i> et <i>Quercus</i> et des autres espèces de la forêt thermophile de pins	179
Tableau 18 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt mésophile de montagne selon les types de distribution	194
Tableau 19 - Affinités floristiques générales de la forêt mésophile de montagne selon les strates: arborée supérieure, arborée inférieure, arbustive et herbacée .	195
Tableau 20 - Paramètres structuraux moyens de la forêt mésophile de montagne de haute altitude	197
Tableau 21 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt de chênes selon les types de distribution	220
Tableau 22 - Affinités floristiques générales de la forêt de chênes selon les strates: arborée, arbustive et herbacée	221
Tableau 23 - Paramètres structuraux moyens de la forêt de chênes	222
Tableau 24 - IVI par relevé des genres <i>Pinus</i> et <i>Quercus</i> et des autres espèces de la forêt de chênes	228
Tableau 25 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces de la forêt tropicale caducifoliée selon les types de distribution	268
Tableau 26 - Affinités écologiques des espèces arbustives et arborées des relevés structuraux	270
Tableau 27 - Paramètres structuraux moyens de la forêt tropicale caducifoliée	273
Tableau 28 - Paramètres structuraux moyens des fourrés secondaires de la forêt tropicale caducifoliée	276
Tableau 29 - Nombre et pourcentage de genres et d'espèces du fourré de malpais selon les types de distribution	290
Tableau 30 - Affinités géographiques générales de la végétation aquatique aux niveaux générique et spécifique	297
Tableau 31 - Affinités géographiques générales de la végétation rudérale aux niveaux générique et spécifique	300
Tableau 32 - Nombre d'espèces communes entre les groupements de la zone d'étude	309
Tableau 33 - Matrice de similitude entre les groupements végétaux de la zone d'étude	311

INDEX ALPHABÉTIQUE DES NOMS DES PLANTES

- Abies* 80 107 119 189 203
Abies durangensis 119
Abies durangensis var. *coahuilensis* 119
Abies guatemalensis 119
Abies hickeli 119
Abies religiosa 19 25 70 111 119 121 122 127
128 129 131 132 186 187 190 196 197 199
201 202 203 319 344
Abies vejari 119
Abies vejari var. *mexicana* 119
Abildgaardia 90
Abildgaardia mexicana 104 265 332
Abutilon 90
Abutilon hypoleucum 265 341
Acacia 90 281
Acacia angustissima 98 216 263 334
Acacia farnesiana 92 172 216 241 252 259 263
273 276 277 279 334
Acacia pennatula 98 172 178 181 216 222 233
252 256 259 260 262 271 272 273 275 276
278 279 320 334
Acacia schaffneri 114 263 264 334
Acacia spp. 161 239 256 257
Acaena 107
Acaena elongata 96 122 131 142 348
Acalypha 90
Acalypha aff. *indica* 98 261 333
Acalypha alopecuroidea 217 261 333
Acalypha brevicaulis 104 291 333
Acalypha indica var. *mexicana* 98 217 265 333
Acalypha phleoides 98 217 333
Acalypha subterranea 104 264 333
Acalypha unibracteata 98 193 333
Acanthaceae 83 105 321
acedera 343
aceitilla 324 327
Acourtia 100
Acourtia platyphylla 105 265 324
Acourtia reticulata 98 264 299 324
Acourtia sp. 217 324
adelaida 342
Adiantum 88
Adiantum braunii 98 191 347
Adiantum concinnum 97 261 347
Adiantum poiretii 91 142 287 347
Aegopogon 96
Aegopogon tenellus 100 216 265 287 289 345
Aeschynomene 88
Aeschynomene americana var. *flabellata* 98 264
334
Aeschynomene villosa 97 265 334
Agave 94
Agave atrovirens 69
Agave cf. *atrovirens* 104 217 321
Agave cf. *cupreata* 287 289 321
Ageratum 94 115
Ageratum corymbosum 100 265 289 324
Agonandra 94
Agonandra racemosa 102 259 263 273 275 276
279 343
agrito 328 339 343

- agritu 322
 ahuacatillo 351
 ahuehuete 351
Albizia 90
Albizia plurijuga 104 259 272 273 277 279 334
Alchemilla 106
Alchemilla procumbens 96 122 131 142 348
Aldama 98
Aldama dentata 98 264 324
 alesnilla 323
 alfilerillo 342
 alfombrilla 352
 alicillo 328 349
Allium 107
Allium cepa 75
Allium glandulosum 110 217 339
Alnus 67 80 108 140
Alnus jorullensis ssp. *jorullensis* 70 111 122
 127 129 141 150 151 153 157 158 216 319
 328
 Amaranthaceae 83 321
Amaranthus 86
Amaranthus hybridus 69 91 264 299 321
 amargosilla 325 352
 Amaryllidaceae 83 102 321
 amate prieto 341
Ambrosia 87
Ambrosia psilostachya var. *psilostachya* 109 299
 324
Ammania 87
Ammania auriculata 86 265 299 340
 amor seco 335
Ampelocissus 90
Ampelocissus acapulcensis 98 262 291 300 353
 Anacardiaceae 83 322
Anagallis 86
Anagallis arvensis f. *arvensis* 87 142 159 217
 347
 andán 327
 andsapu 340
 anims tsitsiki 343
Annona 91
Annona cherimola 69 96 192 322
 Annonaceae 83 322
Anoda 98
Anoda crenatiflora 114 264 341
Anoda cristata 95 261 299 341
Anthericum 92
Anthericum torreyi 142 339
 Apiaceae 83 99 322
 Apocynaceae 83 323
 Aquifoliaceae 83 323
 Araceae 83 323
Aralia 93
Aralia humilis 110 259 263 288 323
 Araliaceae 83 323
Arbutus 108 140
Arbutus glandulosa 112 141 150 190 333
Arbutus spp. 69 155
Arbutus xalapensis 70 110 122 140 141 150 155
 172 178 181 189 190 192 197 205 216 222
 225 233 288 333
Arceuthobium 107
Arceuthobium globosum 111 143 340
Arceuthobium sp. 143 340
Archibaccharis 100
Archibaccharis schiedeana 100 192 324
Archibaccharis serratifolia 100 141 291 324
Arctostaphylos 109
Arctostaphylos angustifolia 113 289 333
Arctostaphylos longifolia 112 122 127 131 141
 191 197 199 289 333
Arctostaphylos pungens 110 141 159 172 178
 181 333
Arenaria 108
Arenaria lanuginosa 95 122 142 191 217 265
 330
 areti 346
 aretillo 342
Argemone 88

- Argemone ochroleuca* ssp. *ochroleuca* 112 299 344
Argemone platyceras 114 299 344
Arisaema 90
Arisaema macrospathum 112 173 193 323
Aristida 86
Aristida appresa 113 265 345
 árnica 324
Arracacia 96
Arracacia atropurpurea 100 122 191 322
Artocarpus 80
 Asclepiadaceae 83 88 89 105 323
Asclepias 93
Asclepias contrayerba 98 191 299 323
Asclepias curassavica 88 265 323
Asclepias glaucescens 98 217 265 323
Asclepias linaria 110 264 299 323
Asclepias notha 113 291 323
Asclepias ovata 112 217 265 323
Aster 108
Aster aff. *moranensis* 111 142 217 324
Aster subulatus 95 265 294 324
 Asteraceae 79 83 88 89 98 99 100 101 102 103 105 111 113 114 324
Asterohyptis 98
Asterohyptis mociniana 98 265 338
Asterohyptis stellulata 102 263 338
Astragalus 108
Astragalus cf. *ervoides* 102 299 334
Astragalus micranthus var. *micranthus* 113 217 334
Astranthium 110
Astranthium condimentum 113 142 191 299 324
Avena sativa 75
Ayenia 94
Ayenia berlandieri 102 261 351
 azucena 343
 babosilla 353
Baccharis 94
Baccharis heterophylla 100 141 150 155 159 172 178 181 216 297 324
Baccharis pteronioides 100 142 217 241 265 324
Baccharis salicifolia 95 259 324
Baccharis thesioides 114 216 289 324
Bacopa 87
Bacopa procumbens 95 142 173 217 265 349
 barba de chivo 348
 barba de indio 348
Begonia 91
Begonia balmisiana 173 217 265 328
Begonia barkeri 193 328
Begonia gracilis 100 142 217 261 328
Begonia sp. 289 328
 Begoniaceae 83 328
Bernardia 94
Bernardia mexicana 97 259 333
Berula 107
Berula erecta 86 294 295 322
 beruquillo 336
Betula 80
 Betulaceae 83 328
Bidens 86
Bidens aequisquama 113 142 191 217 324
Bidens aurea 110 191 294 324
Bidens ostruthioides 111 122 142 191 324
Bidens pilosa 91 264 299 324
 Bignoniaceae 83 328
Bletia 94
Bletia sp. 173 343
Boerhavia 91
Boerhavia coccinea 93 265 299 342
 boladillo 325
Bomarea 94
Bomarea hirtella 98 262 267 291 322
 Bombacaceae 83 328
Bommeria 98
Bommeria pedata 100 261 347
Bonplandia 111

- Bonplandia geminiflora* 111 265 346
 Boraginaceae 83 112 328
 borreguilla 325
Borreria 90
Borreria suaveolens 95 217 265 348
Bothriochloa 90
Bothriochloa barbinodis 110 264 345
Bouchea 93
Bouchea prismatica 97 264 352
Bouteloua 88
Bouteloua curtipendula var. *tenuis* 112 265 345
Bouteloua hirsuta 109 217 239 264 345
Bouteloua radicata 110 264 345
Bouvardia 94
Bouvardia cordifolia 259 348
Bouvardia laevis 100 252 259 348
Bouvardia longiflora 100 216 289 348
Bouvardia multiflora 98 173 193 265 348
Bouvardia ternifolia 98 142 191 217 348
Brachiaria 90
Brachiaria plantaginea 95 264 345
Brassica 106
Brassica campestris 106 265 331
Bravoa 102
Bravoa geminiflora 102 265 322
Brickellia 88
Brickellia monocephala 102 265 324
Brickellia peduncularis 105 142 324
Brickellia secundiflora 100 297 324
 Bromeliaceae 83 291 328
Bromus 106
Bromus carinatus 109 142 217 345
Brongniartia 94
Brongniartia aff. *lupinoides* 104 217 265 334
Buchnera 90
Buchnera obliqua 98 299 349
Buddleia 90
Buddleia cordata 100 287 288 340
Buddleia parviflora 102 297 340
Buddleia sessiliflora 100 141 142 159 216 241
 297 340
Buddleia sp. 141 150 155 216 222 233 340
Bulbostylis 90
Bulbostylis funckii 95 264 332
Bulbostylis juncooides 95 217 332
Bunchosia 94
Bunchosia palmeri 102 259 263 273 276 340
Bursera 94
Bursera bipinnata 102 259 263 272 273 276 277
 279 329
Bursera bipinnata x *B. cuneata* 263 276 279 329
Bursera cuneata 103 216 252 259 271 272 273
 275 276 277 281 287 289 329
Bursera fagaroides 114 252 261 262 273 275 276
 277 279 329
Bursera palmeri 102 216 259 263 275 276 279
 329
Bursera penicillata 102 263 276 279 329
 Burseraceae 83 103 329
 cabello de ángel 334
 cabeza de chica 349
 Cactaceae 79 83 89 105 114 257 279 329
Caesalpinia 90
Caesalpinia aff. *mexicana* 102 297 334
 Caesalpinaceae 115
 caiasa 348
 calabaza coyote 332
Calea 94
Calea scabra var. *scabra* 100 217 324
Calliandra 90
Calliandra formosa 102 259 334
Calliandra grandiflora 100 172 216 334
Calliandra houstoniana 98 172 186 334
Calliandra sp. 261 334
Calochortus 109
Calochortus barbatus 113 265 339
Calochortus venustus 265 339
 camote 333
 campanita 339

- Campanulaceae 83 329
Canavalia 90
Canavalia hirsutissima 98 186 334
Canavalia villosa 98 291 334
 candelero 326
 canindupus 330
 canis 344
 capitaneja 327
 Caprifoliaceae 83 330
Capsella 106
Capsella bursa-pastoris 87 291 332
Capsicum spp. 69
 capulín 348
 capulín de cuervo 328
 carasu 348
Cardiospermum 91
Cardiospermum halicacabum 91 262 267 349
 carhas 348
Carminatia 98
Carminatia tenuiflora 98 261 324
Carphochaete 110
Carphochaete grahamii 110 142 324
Carpinus 107
Carpinus caroliniana 110 192 328
 carretilla 336
 carrizo 346
Carthamus tinctorius 75
Carya 80
 Caryophyllaceae 83 330
 cashuracua 328
 casirpe 336
Castilleja 88 115
Castilleja agrestis 122 191 349
Castilleja arvensis 96 173 217 289 349
Castilleja tenuiflora 102 142 159 173 265 299 349
Castilleja tenuifolia 217 291 299 349
Casuarina 87
Casuarina cunninghamiana 294 330
 Casuarinaceae 83 330
 cauinde 335
 cazahuate 331
Ceanothus 109
Ceanothus buxifolius 112 216 348
Ceanothus coeruleus 111 191 216 263 289 348
Cedrela 93
Cedrela dugesii 104 216 259 273 279 288 341
Cedrus 80
Ceiba 94
Ceiba aesculifolia 98 259 272 273 277 279 282 328
Celtis 86
Celtis caudata 111 259 263 273 276 279 352
 cenecilla 330
Centaurium 86
Centaurium quitense 97 217 265 337
Cestrum 94
Cestrum anagyris 100 122 131 141 191 350
Cestrum nitidum 103 190 197 199 350
Cestrum thyrsoides 104 122 141 216 350
 chachaca 336
 chalihuesca 324
Chamaecrista 90
Chamaecrista nictitans var. *jaliscensis* 95 264 334
Chamaesyce 86
Chamaesyce dioica 265 299 333
Chamaesyce hirta 95 173 217 264 333
Chamaesyce hypericifolia 265 333
Chamaesyce hyssopifolia 95 264 333
Chamaesyce serpens 89 264 333
Chamaesyce thymifolia 87 217 333
 charahuesca 324
 charapiti uku 351
Cheilanthes 87
Cheilanthes aff. *pyramidalis* var. *pyramidalis* 97 261 347

- Cheilanthes lendigera* 97 191 287 347
 chía 338 339
 chía de macho 350
 chica chacua 348
 chicalote 344
 chichis de burra 323
 chilillo 343 348
 chirimoya 322
 Chloranthaceae 83 330
Chloris 90
Chloris submutica 100 299 345
Chloris virgata 91 265 345
 chukuri sipieta 350
 chupireni 349
 chupiri 334
 chupirin 349
 churen 335
Cicer arietinum 75
 cilantrillo 348
Cirsium 107
Cirsium conspicuum 142 324
Cirsium ehrenbergii 113 141 324
Cirsium velatum 113 294 324
 ciruela 342
Cissus 90
Cissus sicyoides 95 262 267 291 353
 Cistaceae 83 330
 citangue 328
 clavelillo 353
Clematis 86
Clematis dioica 95 219 300 348
Clethra 108 121 190 203
Clethra mexicana 70 100 122 127 129 172 190
 192 197 287 288 330
 Clethraceae 83 330
Clusia 91
Clusia salvinii 100 192 289 337
 cococha 335
Cologania 100
Cologania broussonetii 96 142 219 300 334
Cologania grandiflora 191 335
Cologania procumbens 100 173 335
 coloradilo 342
 colorín negro 335 336
Colubrina 91
Colubrina triflora 102 252 259 273 279 348
 comalillo 336
Commelina 90
Commelina cf. *coelestis* var. *coelestis* 104 261
 330
Commelina coelestis var. *bourgeau* 104 142 217
 261 264 289 330
Commelina dianthifolia 100 264 330
Commelina diffusa 91 265 330
Commelina elegans 95 265 330
Commelina sp. 265 331
 Commelinaceae 83 89 102 330
 Compositae 288
 condembara 330
 conguera 344
Conopholis 109
Conopholis alpina 109 143 191 343
 contra huemberikua 322
 Convolvulaceae 83 112 331
Conyza 90
Conyza coronopifolia 100 217 324
Conyza sophiifolia 96 265 289 324
Conyza sp. 217 324
Conzattia 102
Conzattia multiflora 104 259 335
 copal 329
 copal amargo 329
 copal blanco 329
 copal de santo 329
 coquillo 336
 coral 343
Cordia 91
Cordia oaxacana 103 263 328
Coriaria 106

- Coriaria ruscifolia* 107 141 159 331
 Coriariaceae 83 331
Cosmos 94
Cosmos bipinnatus 100 294 299 324
Cosmos scabiosoides 100 191 324
Cracca 94
Cracca caribaea 97 265 335
 Crassulaceae 83 331
Crataegus 107
Crataegus pubescens 69 111 141 150 155 172
 190 197 199 216 222 233 348
Cremastopus 98
Cremastopus rostratus 191 332
Crotalaria 92
Crotalaria longirostrata 69 100 216 289 299 335
Crotalaria mollicula 100 217 335
Crotalaria pumila 95 264 299 335
Crotalaria rotundifolia 98 142 217 264 335
Crotalaria sagittalis 95 264 335
Croton 90
Croton adpersus 98 217 265 333
Croton calvescens 217 263 297 333
Croton cf. cladotrichus 262 275 276 279 333
Croton ciliato-glandulosus 97 263 333
Croton draco 98 261 333
Croton morifolius 102 252 261 276 279 334
 Cruciferae 83 331
 crucillo 349
Crusea 98
Crusea coccinea var. *coccinea* 98 191 348
Crusea hispida var. *hispida* 98 264 348
Crusea longiflora 98 217 348
Crusea megalocarpa 265 349
Crusea setosa 98 265 349
 cuacatacua 333
 cuachichic 337
 cuajote amarillo 329
 cuanispiracua 337
 cuaquil 352
 cuaterani 342
 cucaracha 323
Cucumis sativus 75
Cucurbita 94
Cucurbita aff. *pepo* 267 332
Cucurbita pepo 69
Cucurbita radicans 104 267 332
Cucurbita spp. 69
 Cucurbitaceae 83 102 332
 cunicumanchicu 326
Cuphea 94
Cuphea calcarata 265 340
Cuphea ferrisiae var. *rosea* 261 340
Cuphea jorullensis 103 142 173 217 340
Cuphea llavea var. *llavea* 261 340
Cuphea procumbens 104 299 340
Cuphea toluicana 217 265 340
Cuphea wrightii var. *wrightii* 98 217 264 340
Cupressus lindleyi 70
Cuscuta 87
Cuscuta rugosiceps 100 123 331
 cutacua 350
Cyathea 203
Cyclanthera 94
Cyclanthera aff. *ribiflora* 98 291 332
Cyclanthera dissecta 98 267 332
Cyclanthera tamnoides 115 219 267 332
Cynanchum 87
Cynanchum foetidum 104 262 267 323
Cynodon 86
Cynodon dactylon 88 265 294 299 345
Cynoglossum 106
Cynoglossum pringlei 112 193 217 265 328
 Cyperaceae 82 83 89 332
Cyperus 87
Cyperus esculentus 89 261 264 299 332
Cyperus huarmensis 265 332
Cyperus incompletus 95 142 217 264 289 299
 332

- Cyperus lanceolatus* 93 142 217 332
Cyperus manimae 265 332
Cyperus ochraceus 95 265 332
Cyperus seslerioides 142 173 217 261 289 332
Cyperus sp. 217 332
Cyperus spectabilis 294 332
Cyperus spp. 159
Dahlia 100
Dahlia coccinea 69 100 217 261 324
Dahlia tenuicaulis 103 217 291 324
Dalea 88
Dalea foliolosa 98 264 335
Dalea leporina 98 265 335
Dalea lutea var. *gigantea* 100 289 335
Dalea obovatifolia var. *uncifera* 100 142 191 265 335
Dalea reclinata 102 191 335
Dalea sp.1 265 335
Dalea sp.2 217 335
Datura 88
Datura stramonium 91 297 350
Daucus 108
Daucus montanus 96 142 217 291 322
Delilia 94
Delilia biflora 95 261 324
Desmanthus 93
Desmanthus pumilus 105 264 335
Desmodium 86
Desmodium molliculum 96 142 173 219 335
Desmodium neomexicanum 96 264 335
Desmodium procumbens var. *procumbens* 91 265 335
Desmodium sp.1 265 335
Desmodium sp.2 265 335
Desmodium sp.3 261 335
Desmodium sumichrastii 104 191 216 289 335
Desmodium tortuosum 95 264 335
Desmodium uncinatum 95 142 191 219 267 335
Diastatea 96
Diastatea micrantha 96 217 289 329
Dichantherium 87
Dichantherium cf. *albomaculatum* 100 142 191 345
Dicliptera 90
Dicliptera peduncularis 104 265 321
Didymaea 100
Didymaea floribunda 104 123 143 191 349
Digitacalia 103
Digitacalia jatrophoides 104 216 324
Digitaria 90
Digitaria cf. *leucocoma* 265 299 345
Dioscorea 90
Dioscorea konzattii 219 262 333
Dioscorea dugesii 262 333
Dioscorea minima 142 217 333
Dioscorea multinervis 265 333
Dioscorea nelsonii 262 333
Dioscorea sp.1 193 333
Dioscorea sp.2 267 333
Dioscorea sp.3 267 333
Dioscorea spp. 69
Dioscorea tancitarensis 219 333
Dioscoreaceae 83 333
Diphysa 94
Diphysa sennooides 264 335
Diphysa suberosa 103 263 335
Dodonaea 90
Dodonaea viscosa 91 172 263 276 279 349
Donnellsmithia 100
Donnellsmithia juncea 96 142 217 265 322
Dorstenia 90
Dorstenia drakena 95 299 341
Drymaria 91
Drymaria cordata 265 330
Drymaria multiflora 100 217 330
Drymaria villosa 96 264 330
Dyschoriste 90
Dyschoriste capitata 217 239 321
Dyschoriste microphylla 104 142 217 266 321
Dyssodia 97

- Dyssodia porophyllum* 97 266 324
Dyssodia tagetiflora 98 265 324
Echeandia 97
Echeandia macrocarpa 98 143 217 266 339
Echeveria 94
Echeveria gibbiflora 95 289 331
Echinochloa 90
Echinochloa colonum 91 265 345
Echinochloa crusgalli 96 266 345
Echinochloa holciformis 100 294 345
Eclipta 90
Eclipta prostrata 88 266 324
Ehretia 90
Ehretia latifolia 104 259 328
Eichhornia 91
Eichhornia crassipes 92 295 296 298 347
Elaphoglossum 91
Elaphoglossum aff. gratum 100 191 347
Eleocharis 86 87
Eleocharis acicularis 86 294 332
Eleocharis densa 294 332
Eleocharis macrostachys 294 332
Eleocharis mamillata 108 294 332
Eleocharis montevidensis 110 266 332
Elytraria 94
Elytraria imbricata 95 261 321
enandi 341
enchiladas 322
encino 336 337
encino blanco 336 337
encino chilillo 336
encino chino 337
encino colorado 336 337
encino corti 337
encino prieto 337
encino roble 336 337
Encyclia 94
Encyclia adenocaula 103 192 193 343
Encyclia linkiana 103 193 343
Eragrostis 87
Eragrostis intermedia 110 217 345
Eragrostis mexicana 89 264 345
Eragrostis plumbea 113 294 345
Ericaceae 83 112 333
Erigeron 87
Erigeron delphinifolius 110 217 266 299 324
Erigeron karvinskianus 95 173 217 263 325
Erigeron longipes 111 217 299 325
Erigeron velutipes 113 217 266 325
Eriochloa 90
Eriochloa acuminata 103 266 345
Eryngium 86
Eryngium carlinae 111 173 217 266 322
Eryngium heterophyllum 110 266 322
Eryngium pectinatum 112 143 159 322
Eryngium sp. 266 322
Erythrina 90
Erythrina breviflora 104 216 222 233 335
Erythrina cf. coralloides 102 261 263 276 279 335
Erythrina lepthorhiza 104 266 335
Erythrodes 93
Erythrodes ovatilabia 100 191 343
Escobedia 94
Escobedia aff. peduncularis 266 350
espino blanco 334
espinosilla 346
estrellita 324
Eupatorium 88
Eupatorium areolare 100 216 289 325
Eupatorium aschenbornianum 100 141 216 289 325
Eupatorium cf. schaffneri 104 173 325
Eupatorium glabratum 104 141 325
Eupatorium mairetianum 98 190 197 199 325
Eupatorium muelleri 100 217 325
Eupatorium petiolare 102 216 297 325
Eupatorium pycnocephalum 95 325

- Eupatorium* sp.1 191 325
Eupatorium sp.2 141 191 216 325
Eupatorium sp.3 217 325
Eupatorium sp.4 216 266 325
Euphorbia 86
Euphorbia calyculata 104 261 263 289 334
Euphorbia cf. *collettioides* 115 259 273 279 334
Euphorbia dentata var. *dentata* 89 217 239 261 265 334
Euphorbia fulva 103 252 254 259 271 272 273 277 279 334
Euphorbia furcillata var. *furcillata* 100 143 334
Euphorbia graminea 98 266 334
Euphorbia heterophylla var. *heterophylla* 95 266 334
Euphorbia macropus 100 217 334
Euphorbia ocymoides 98 217 261 334
Euphorbia radians 114 143 261 289 334
Euphorbia sphaerorhiza 103 173 334
Euphorbia spp. 159
Euphorbia subreniformis 103 143 334
Euphorbiaceae 79 83 89 99 105 333
Evolvulus 91
Evolvulus alsinoides 91 266 331
Eysenhardtia 114
Eysenhardtia platycarpa 103 261 263 276 279 335
Eysenhardtia polystachya 114 216 222 233 237 239 241 252 257 261 262 271 272 273 275 276 279 319 335
Fabaceae (Leguminosae) 79 83 99 100 101 102 103 113 115 334
Fagaceae 79 83 112 113 114 336
Festuca 86 131
Festuca amplissima 100 289 345
Festuca breviglumis 100 143 159 191 345
Ficus 92
Ficus cotinifolia 99 259 271 272 273 279 341
Ficus padifolia 99 192 341
Ficus sp. 192 341
Fimbristylis 92
Fimbristylis spadicea 95 266 332
flor de blanco 324
flor de canela 337
flor de piedra 328
flor de San Juan 323
flor de San Nicolás 322 339
flor de venado 337
Florestina 98
Florestina pedata 99 265 325
Forestiera 94
Forestiera phillyreoides 114 161 263 276 279 289 342
Fragaria spp. 75
Fraxinus 107
Fraxinus uhdei 71 112 189 190 192 197 259 288 294 342
fresno 342
frijolillo 336
frutillar 352
Fuchsia 107
Fuchsia cf. *thymifolia* ssp. *minimiflora* 100 191 342
Fuchsia cylindracea 141 191 192 342
Fuchsia decida 103 289 342
Fuchsia fulgens 104 191 217 342
Fuchsia microphylla 100 141 342
Fuchsia parviflora 100 191 342
Fuchsia sp. 289 342
Fuchsia thymifolia 100 121 122 142 218 342
Galeana 98
Galeana pratensis 99 264 325
Galinsoga 88
Galinsoga parviflora 88 218 261 325
Galium 86
Galium cf. *mexicanum* 110 123 349
Galium praetermissum 113 219 349
Galium uncinulatum 110 143 191 219 349
gallito 327 328

- Garrya* 110 203
Garrya laurifolia 71 111 190 197 203 337
Garrya longifolia 113 288 337
 Garryaceae 83 337
Gaudichaudia 94
Gaudichaudia mucronata 99 262 267 291 340
Gaura 109
Gaura coccinea 110 299 342
Gaura hexandra ssp. *hexandra* 111 266 342
Gentiana 106
Gentiana spathacea 113 218 337
 Gentianaceae 83 337
 Geraniaceae 82 83 113 337
Geranium 86
Geranium aristisepalum 113 218 337
Geranium deltoideum 122 142 218 337
Geranium latum 113 191 337
Geranium lilacinum 113 122 143 337
Geranium seemannii 111 143 218 299 337
Gibasis 94
Gibasis linearis 110 291 331
Gibasis pulchella 112 266 331
 girasol 327
Gnaphalium 86
Gnaphalium americanum 89 143 173 218 325
Gnaphalium bourgovii 113 218 289 299 325
Gnaphalium inornatum 113 289 299 325
Gnaphalium liebmannii var. *monticola* 100 142 218 325
Gnaphalium semiamplexicaule 100 218 266 289 325
Gnaphalium sp.1 266 325
Gnaphalium sp.2 218 325
Gnaphalium spp. 159
Gomphrena 94
Gomphrena decumbens 95 261 265 321
Gongylocarpus 100
Gongylocarpus rubricaulis 100 264 342
Gonolobus 88
Gonolobus uniflorus 104 219 262 267 343
 gordolobo 325 326 337
Govenia 94
Govenia liliacea 99 218 343
 gramo 345
 granadita 322
 granjena 342
Grindelia 88
Grindelia inuloides var. *inuloides* 113 266 325
 guanumo 336
Guardiola 110
Guardiola mexicana 113 218 239 266 289 325
 guayaba 341
 guayabillo 342
 güimare 348
 güizache yondiroy 334
 Guttiferae 83 337
Habenaria 90
Habenaria clypeata 100 218 343
Habenaria entomantha 100 218 343
Halenia 108
Halenia brevicornis 100 291 337
Halimolobos 88
Halimolobos berlandieri 266 332
 hedionda 352
Hedyosmum 93
Hedyosmum mexicanum 100 189 192 330
Heimia 94
Heimia salicifolia 95 172 263 297 340
Helianthemum 108 115
Helianthemum glomeratum 110 142 218 330
Heliocarpus 94
Heliocarpus terebinthaceus 103 252 254 255 259 262 271 272 273 275 276 277 280 281 282 320 351
Heliopsis 88
Heliopsis annua 115 265 325
Heliopsis longipes 104 173 325
Heliotropium 87
Heliotropium pringlei 99 266 328
Herissantia 88

- Herissantia crispa* 95 266 341
Heteranthera 93
Heteranthera peduncularis 295 347
Heteranthera sp. 295 347
Heteropogon 90
Heteropogon melanocarpus 91 264 345
Heterosperma 94
Heterosperma pinnatum 99 218 261 299 325
Hexalectris 110
Hexalectris parviflora 113 143 343
Hieracium 108
Hieracium abscissum 111 218 325
Hieracium mexicanum 111 218 325
 hierba de la chuparrosa 350
 hierba del ahíto 338
 hierba del burro 325
 hierba del golpe 322
 hierba del sapo 322
 hierba del venado 326
 hierba del zopilote 350
 hierba jonequil 340
 hierba mora 350
 hierba piedra rosa 324
 hierba pinguilla 326
 hierba redonda 348
 higuera 341
Hilaria 110
Hilaria cenchroides 99 218 345
Hilaria ciliata 112 172 218 239 264 345
 hojas anchas 327
Holodiscus 109
Holodiscus argenteus 96 122 127 348
Hordeum 74
 huemberikua 322
 huevos de gato 344 350
 huinara 341
 huirambo 323
 huizache 334
 huizache tepamo 334
Hybanthus 90
Hybanthus sp. 266 352
 Hydrocharitaceae 82 83 337
Hydrocotyle 86
Hydrocotyle cf. *umbellata* 89 295 322
Hydrolea 90
Hydrolea spinosa 95 186 338
 Hydrophyllaceae 83 338
Hypericum 86
Hypericum silenoides var. *silenoides* 96 218 337
Hypoxis 92
Hypoxis mexicana 100 143 173 266 322
Hypoxis sp. 266 322
Hyptis 94 115
Hyptis albida 115 186 263 338
Hyptis pectinata 91 299 338
Hyptis urticoides 99 265 338
Ilex 88 203
Ilex brandegeana 111 190 197 323
Indigofera 92
Indigofera densiflora 104 266 335
Inga 94
Inga eriocarpa 103 186 335
Inga hintonii 100 172 192 335
 injerto 340
Ipomoea 88
Ipomoea capillacea 110 173 218 239 266 331
Ipomoea cf. *trichocarpa* 95 267 331
Ipomoea decasperma 112 269 331
Ipomoea hartwegii 112 266 331
Ipomoea murucoides 99 216 238 239 252 256
 257 259 260 262 271 272 273 275 276 280
 281 319 331
Ipomoea purpurea 95 219 269 300 331
Ipomoea sp. 262 331
Ipomoea stans 115 218 266 297 331
Ipomoea tyrianthina 111 219 269 331
Iresine 93
Iresine celosia 91 218 289 321

- Iresine* sp.1 266 321
Iresine sp.2 321
 irhepeni 335
 Iridaceae 83 338
Isochilus 94
Isochilus aff. *linearis* 95 291 343
Ixophorus 94
Ixophorus unisetus 95 266 345
 jaboncillo 330 347
Jacobinia 94
Jacobinia mexicana 261 321
Jaegeria 94
Jaegeria hirta 95 143 218 325
Jaltomata 90
Jaltomata procumbens 95 218 261 350
 jara 324 340
 jara amarilla 326
 jara blanca 324
 jara china 324
 jara lisa 326
 jarilla 349
Jatropha 90
Jatropha dioica 114 263 334
 jicamilla 336
 JNL 294 218 266 335
 JNL 413 216 325
 JNL 418 218 325
 JNL 814 191 353
 JNL 815 191 325
 JNL 840 321
 JNL 863 142 345
 JNL 877 172 325
 JNL 1028 269 353
 JNL 1268 269 332
 JNL 1348 191 197 199 325
 JNL 1356 191 353
 JNL 1386 190 353
 JNL 1636 264 335
 JNL 1640 264 342
 JNL 1653 266 345
 JNL 1689 266 350
 JNL 1696 266 353
 JNL 1728 269 332
 JNL 1747 266 325
 JNL 1749 266 323
 JNL 1767 266 353
 JNL 1771 266 338
 JNL 1793 266 345
 JNL 1797 264 353
 JNL 1803 266 343
 JNL 1821 261 353
 JNL 1824 263 353
 JNL 1839 262 331
 JNL 1840 265
 JNL 1843 265 353
 JNL 1848 261 322
 JNL 1876 218 322
 jocoyol 343
 jocoyol de piedra 328
 juaguice 338
 Juncaceae 83 338
Juncus 86 87
Juncus effusus var. *aemulans* 109 294 338
Jussiaea 86
Jussiaea bonariensis 266 342
Justicia 90
Justicia furcata 115 266 321
Justicia salviiflora 103 261 321
Kallstroemia 93
Kallstroemia pubescens 95 353
 kjalatakua 324
 kuat'anu 351
Laelia 94
Laelia autumnalis 103 288 289 343
Laelia cf. *bancalarii* 104 192 343
Lagascea 94
Lagascea helianthifolia 103 216 289 325
 Lamiaceae 79 83 100 102 105 338

- Lamourouxia* 96
Lamourouxia dasyantha 102 218 350
Lamourouxia multifida 101 143 218 291 350
Lantana 91
Lantana camara 92 252 261 263 352
Lantana hirta 99 216 252 259 352
Lantana spp. 69
Lantana velutina 99 172 352
Lasiacis 94
Lasiacis nigra 99 259 346
Lasianthaea 98
Lasianthaea aff. *helianthoides* 104 263 325
Lasianthaea aurea 104 143 173 218 266 325
Lasianthaea fruticosa var. *michoacana* 217 263 325
Lasiarrhenum 111
Lasiarrhenum strigosum 112 143 218 328
lechillo 328
Leersia 87
Leersia hexandra 95 295 346
Lemna 86
Lemna minima 89 295 339
Lemnaceae 82 83 339
lengua del venado 328
Lens esculenta 75
Lentibulariaceae 83 339
lentrisco 322
Leonotis 92
Leonotis nepetifolia 92 299 338
Lepechinia 96
Lepechinia caulescens 101 299 338
Leptochloa 90
Leptochloa dubia 110 261 346
Liliaceae 83 339
Limnobium 89
Limnobium stoloniferum 89 295 337
Lippia 93
Lippia umbellata 99 186 352
Liquidambar 203
lirio 343
lirio acuático 347
Liriodendron 80
Lithospermum 106
Lithospermum distichum 111 143 328
Lithospermum strictum 113 218 328
Loasaceae 83 89 339
Lobelia 87
Lobelia fenestralis 114 266 299 329
Lobelia laxiflora 97 218 299 329
Lobelia nana 96 142 191 329
Loeselia 100
Loeselia mexicana 110 142 218 266 289 346
Loganiaceae 83 340
Lopezia 100
Lopezia racemosa 101 122 131 143 159 191 218 266 289 299 342
Loranthaceae 83 291 340
Ludwigia 88
Ludwigia octovalvis 173 342
Lupinus 108
Lupinus aff. *stipulatus* 113 143 335
Lupinus bilineatus 113 299 335
Lupinus elegans 113 141 335
Lycopersicon esculentum 75
Lysiloma 94
Lysiloma acapulcense 99 172 186 259 263 272 273 275 276 277 279 282 335
Lysiloma microphyllum 104 258 259 262 271 272 273 275 276 319 335
Lythraceae 83 340
Lythrum 86
Lythrum album 113 264 340
Lythrum gracile 96 266 340
Machaeranthera 109
Machaeranthera brevilingulata 110 266 326
Macromeria 96
Macromeria cf. *pringlei* 104 266 328
Macromeria discolor 143 191 328
Macroptilium 94
Macroptilium atropurpureum 95 262 336

- Macroptilium gibbosifolium* 99 173 219 269 300
 336
Macrosiphonia 94
Macrosiphonia hypoleuca 114 173 323
 madroño 333
 maguey 321
 maguey bravo 321
Malaxis 86
Malaxis carnosa 101 266 343
Malaxis corymbosa 101 218 343
 Malpighiaceae 83 340
 Malvaceae 83 102 341
Malvastrum 91
Malvastrum bicuspidatum ssp. *campanulatum*
 114 266 341
Malvastrum coromandelianum 91 266 341
Malvaviscus 94
Malvaviscus arboreus 97 192 341
Malvella 106
Malvella leprosa 89 299 341
Mammillaria 97
Mammillaria pringlei 218 289 329
Mandevilla 94
Mandevilla foliosa 103 259 297 323
Manfreda 109
Manfreda brachystachya 111 266 322
Manihot 94
Manihot angustiloba 99 266 334
Manihot caudata 259 271 273 279 334
 mano de león 348
Margaranthus 97
Margaranthus solanaceus 97 266 350
Marrubium 106
Marrubium vulgare 106 299 338
Marsilea 86 87
Marsilea mexicana 99 295 341
 Marsileaceae 82 83 341
 Martyniaceae 341
Matelea 94
Matelea chrysantha 104 262 269 323
Matelea macvaughiana 104 262 269 323
Matelea sp. 269 323
 mazatiles 352
Medicago 106
Medicago polymorpha var. *vulgaris* 87 299 336
Medicago sativa 75
Melampodium 94
Melampodium divaricatum 99 264 299 326
Melampodium longifolium 103 218 326
Melampodium longipilum 99 261 326
Melampodium perfoliatum 99 299 326
Melampodium sericeum 99 218 264 326
 Meliaceae 83 341
Melilotus 107
Melilotus indicus 87 299 336
Meliosma 93 190 203
Meliosma dentata 101 189 192 349
Melochia 91
Melochia pyramidata 91 266 351
 membrillo 348
Mentzelia 89
Mentzelia asperula 291 339
Mentzelia dispersa 266 340
Mentzelia sp. 266 340
 mezquite 298 301 336
Micropleura 96
Micropleura renifolia 96 173 322
Milla 98
Milla biflora 99 173 266 339
Milleria 98
Milleria quinqueflora 97 266 326
Mimosa 90
Mimosa aculeaticarpa 102 216 239 263 297 336
Mimosa adenantheroides 103 289 336
Mimosa albida 95 172 263 336
Mimosa benthamii 103 263 336
Mimosa rhodocarpa 75 104 216 239 257 259 262
 272 273 275 276 279 336
Mimosa sp. 173 189 336
 Mimosaceae 115

- Minklersia* 100
Minklersia multiflora 104 219 336
Minuartia 108
Minuartia moehringioides 114 218 330
Mirabilis 87
Mirabilis jalapa 95 266 299 342
 misthuuichu 346
Mitracarpus 93
Mitracarpus breviflorus 114 266 349
Mitracarpus villosus 99 261 349
 moco de cucumo 340 347
Monarda 109
Monarda austromontana 110 143 338
Monnina 94
Monnina ciliolata 103 122 346
Monnina xalapensis 101 263 289 346
Montanoa 100
Montanoa aff. frutescens 101 122 131 191 326
Montanoa bipinnatifida 103 263 276 279 326
Montanoa leucantha 101 216 289 297 326
Montanoa sp. 261 326
 Moraceae 83 341
Muhlenbergia 108 131
Muhlenbergia aff. versicolor 172 346
Muhlenbergia cf. distans 111 142 218 346
Muhlenbergia emersleyi 110 289 346
Muhlenbergia rigida 112 264 346
 muño de gato 336
Myriocarpa 94
Myriocarpa brachystachya 103 259 352
 Myrtaceae 83 341
 nariz de perro 333
Nemastylis 109
Nemastylis tenuis 110 218 239 266 338
Nicandra 96
Nicandra physaloides 92 299 350
 nicle 348
Nicotiana 93
Nicotiana glauca 106 297 350
Nissolia 98
Nissolia microptera 262 269 291 336
 nopal 329
 nopal agridulce 329
 nopal amarillo 329
 nopal blanco 329
 nopal cascarón 329
 nopal chamacuerdo 329
 nopal colorado 329
 nopal conguito 329
 nopal cuervo 329
 nopal de flores rojas 329
 nopal jaboncillo 329
 nopal negrito 329
 nopal prieto 329
 nopal puerquero 329
 nopal sangre de toro 329
 nopal tapón 329
 nopal xoconostle 329
 nopal xoconostle dulce 329
Notholaena 87
Notholaena aurea 95 218 261 287 347
Nuphar 80
 nurite 339
 Nyctaginaceae 83 342
Nyctocereus 98
Nyctocereus pietatis 104 252 261 329
Nymphaea 86
Nymphaea flavo-virens 112 295 342
 Nymphaeaceae 83 342
Nymphoides 86
Nymphoides fallax 111 295 337
 ocotillo 349
Odontotrichum 102
Odontotrichum palmeri 103 218 266 326
Odontotrichum sinuatum 105 141 172 263 326
Odontotrichum sp. 297 326
Odontotrichum tussilaginoide 104 122 326
Oenothera 89

- Oenothera deserticola* 112 122 131 342
Oenothera laciniata 110 143 218 342
Oenothera rosea 96 266 299 342
Oenothera tetraptera 109 266 342
 Olacaceae 83 342
 Oleaceae 83 342
 olotillo 321
 Onagraceae 83 90 342
 Ophioglossaceae 83 343
Ophioglossum 86
Ophioglossum engelmannii 110 266 343
Ophioglossum nudicaule var. *tenerum* 91 173 343
 Opiliaceae 83 343
Oplismenus 90
Oplismenus burmannii 91 261 346
Opuntia 89 114 257 279
Opuntia amyclaea 69 114 161 263 275 276 329
Opuntia cf. *matudae* 114 263 329
Opuntia chavenia 114 259 263 273 276 329
Opuntia cochineria 114 252 259 273 329
Opuntia ficus-indica 69
Opuntia fuliginosa 104 263 329
Opuntia ictERICA 114 216 259 263 273 329
Opuntia jaliscana 104 263 329
Opuntia joconostle 114 252 261 263 273 329
Opuntia lasiacantha 114 263 329
Opuntia lindheimeri 114 263 329
Opuntia megacantha 69 114 263 329
Opuntia nigrita 114 259 263 273 276 329
Opuntia sarca 114 263 329
Opuntia sp. 287
Opuntia sp.1 263 329
Opuntia sp.2 216 329
Opuntia spp. 69 271 272 289 292
Opuntia streptacantha 69 115 259 262 273 275 276 329
Opuntia tomentosa var. *tomentosa* 115 216 263 329
 Orchidaceae 83 100 103 343
 oreja de burro 331
 oreja de venado 337
 orejas de liebre 326
Oreopanax 94 190
Oreopanax echinops 99 189 192 323
 Orobanchaceae 83 343
 ortiga 334 352
Osmorrhiza 108
Osmorrhiza mexicana 111 266 322
 Oxalidaceae 83 343
Oxalis 86
Oxalis alpina 101 218 343
Oxalis cf. *jacquiniana* 104 266 343
Oxalis corniculata 87 142 159 218 343
Oxalis decaphylla 110 173 266 343
Oxalis hernandezii 69 104 143 173 217 265 343
 oyamel 344
 p'uk'antsina 337
Pachyrrhizus 94
Pachyrrhizus erosus 69 99 262 336
 palillo 334
 palo amarillo 334
 palo azul 337
 palo barranco 328
 palo blanco 351
 palo chino 322
 palo cuchara 351
 palo de agua 330 337
 palo de la mula 346
 palo del golpe 343
 palo dulce 335
 palo liso 328
 palo rojo 351
 palo verde 341
 panan chen 333
 panan gsuni 333
 panan sini 333
Panicum 87
Panicum bulbosum 95 217 346

- Panicum decolorans* 115 265 346
Panicum lepidulum 99 218 239 262 346
Panicum virgatum 89 218 346
 panza de perro 330
 Papaveraceae 83 344
Parthenium 89
Parthenium hysterophorus 97 299 326
Parthenocissus 106
Parthenocissus quinquefolia 109 219 353
Paspalum 88
Paspalum arsenei 103 266 299 346
Paspalum botteri 99 266 346
Paspalum convexum 95 265 346
Paspalum distichum 88 265 295 346
Paspalum lentiginosum 99 265 346
Paspalum lividum 95 266 295 346
Passiflora 91
Passiflora bryonioides 99 262 269 344
Passiflora foetida 91 269 344
 Passifloraceae 83 344
 pata de león 326 337
Pectis 94
Pectis prostrata 97 266 326
Pellaea 90
Pellaea cordifolia 110 261 347
Pellaea seemannii 103 261 347
Pennisetum 90
Pennisetum crinitum 102 295 346
Penstemon 109
Penstemon apateticus 112 218 350
Penstemon campanulatus 111 143 191 218 350
Penstemon roseus 113 291 350
Peperomia 91
Peperomia campyloptropa 105 173 218 261 344
Peperomia cf. *glabella* 97 193 344
Peperomia galioides 95 289 344
Peperomia quadrifolia 97 193 344
Pereskopsis 98
Pereskopsis aquosa 103 266 329
Pereskopsis diguetii 103 263 329
Pericalia 102
Pericalia sessilifolia 103 143 173 217 239 266
 291 326
 perimo 327
Periptera 102
Periptera punicea 102 218 266 341
 perlitas 330
Persea americana 69 74
Perymenium 100
Perymenium buphthalmoides var.
buphthalmoides 105 143 173 326
 petalzimicua 352
Phacelia 109
Phacelia platycarpa 101 142 338
Phaseolus 92
Phaseolus acutifolius var. *acutifolius* 69 103 191
 269 336
Phaseolus coccineus 69 101 143 191 219 291
 336
Phaseolus leptostachyus 99 269 336
Phaseolus microcarpus 102 269 336
Phaseolus perplexus 219 336
Phaseolus spp. 69
Pherotrichis 110
Pherotrichis balbisii 101 218 323
Phoradendron 89
Phoradendron brachystachyum 102 219 340
Phoradendron carneum 103 269 340
Phoradendron falcatum 104 291 340
Physalis 88
Physalis orizabae 104 267 350
Physalis pubescens var. *pubescens* 95 218 350
Physalis sulphurea 104 267 350
Physalis viscosa var. *cinerascens* 110 142 350
Phytolacca 87
Phytolacca icosandra 95 143 159 218 291 344
 Phytolaccaceae 83 344
Picea 80
Pilea 90

- Pilea microphylla* 96 261 352
 pinabete 344
 Pinaceae 83 111 113 114 344
 pingüica 333
Pinguicula 108
Pinguicula macrophylla 111 143 173 191 193 339
 piniki 333
 pino 344
 pino blanco 344
 pino chino 344
 pino colorado 345
 pino lacio 344
 pino trompillo 344
Pinus 19 25 80 107 119 133 151 160 171 178 179 180 182 189 203 205 228 229 233 319 320
Pinus ayacahuite 134
Pinus ayacahuite var. *veitchii* 111 172 344
Pinus cembroides 134
Pinus cooperi 134
Pinus douglasiana 73 113 134 169 172 176 178 180 181 183 319 344
Pinus durangensis 134
Pinus greggii 134
Pinus lawsonii 71 73 113 172 344
Pinus leiophylla 71 73 110 134 139 140 149 150 151 154 155 157 159 160 161 190 197 216 222 319 344
Pinus macrocarpa 134
Pinus martinezii 183
Pinus maximinoi 183
Pinus michoacana 134
Pinus michoacana var. *cornuta* 71 73 113 141 150 151 169 172 216 222 344
Pinus montezumae 73 111 134 140 141 150 151 155 156 159 190 197 222 319 344
Pinus montezumae f. *macrocarpa* 113 122 127 129 141 190 197 344
Pinus oocarpa 73 111 134 135 169 171 176 177 178 179 181 182 319 344
Pinus patula 133
Pinus pringlei 113 172 344
Pinus pseudostrobus 73 111 122 127 129 131 133 140 149 150 151 159 162 163 189 190 196 197 199 200 201 319 344
Pinus pseudostrobus f. *protuberans* 113 141 344
Pinus spp. 129 151 179 228
Pinus tenuifolia 183
Pinus teocote 73 111 134 139 140 141 150 151 155 159 190 216 222 319 344
Piper 90
Piper sp. 192 344
 Piperaceae 83 344
 pipirirakua 322
Piptochaetium 107
Piptochaetium fimbriatum 101 143 346
Piptochaetium virescens 101 142 173 191 216 299 346
Piqueria 94
Piqueria pilosa 104 122 131 326
Piqueria trinervia 101 142 159 173 218 289 299 326
 pirumu 349
Pisoniella 94
Pisoniella arborescens 95 263 297 342
Pistacia 107
Pistacia mexicana 110 141 259 289 322
 pitahayo 329
 pitayo 329
Pitcairnia 94 115
Pitcairnia pteropoda 291 328
Pithecellobium 90
Pithecellobium dulce 99 263 264 301 336
 Plantaginaceae 83 345
Plantago 86
Plantago australis ssp. *hirtella* 95 218 345
Plantago lanceolata 87 143 159 218 299 345
Plantago major 87 295 299 345
Pleopeltis 90
Pleopeltis macrocarpa 91 143 347

- Plumbaginaceae 83 345
Plumbago 90
Plumbago pulchella 115 262 299 345
Plumbago scandens 95 267 345
 Poaceae 79 83 88 89 100 102 103 105 111 113
 345
 pochote 328
Podocarpus 203 204
 Polemoniaceae 83 346
Polygala 86
Polygala berlandieri 99 267 346
 Polygalaceae 83 346
 Polygonaceae 83 347
Polygonum 86
Polygonum cf. *lapathifolium* 108 295 347
Polygonum hartwrightii 109 295 347
Polygonum mexicanum 110 295 347
Polygonum punctatum var. *eciliatum* 89 267
 295 347
Polygonum spp. 295 298
 Polypodiaceae 82 83 347
Polypodium 88
Polypodium plebeium 101 143 347
Polypodium plesiosorum 101 193 347
Polypogon 87
Polypogon monspeliensis 107 108 295 346
 Pontederiaceae 83 347
Porophyllum 94
Porophyllum ruderales var. *macrocephalum* 99
 267 326
Porophyllum viridiflorum 103 216 261 263 326
 Portulacaceae 83 347
Pothomorphe 90
Pothomorphe umbellata 95 192 344
 pozolillo 348
 Primulaceae 83 347
Prionosciadium 100
Prionosciadium cuneatum 218 291 322
Priva 90
Priva aspera 99 299 352
Priva mexicana 99 218 267 352
Proboscidea 109
Proboscidea louisianica ssp. *fragrans* 110 267
 299 341
Prosopis 90
Prosopis laevigata 115 263 264 298 301 336
Prunus 86
Prunus serotina ssp. *capuli* 69 111 141 192 288
 348
Psacalium 102
Psacalium peltatum 102 143 218 326
Pseudotsuga 119
Psidium 94
Psidium guajava 69 95 186 341
Psittacanthus 94
Psittacanthus calyculatus 99 219 269 340
Psittacanthus sonora 103 269 340
Pteridium 86
Pteridium aquilinum 86 142 173 347
 pucuri tepco 344
 pucuri urusi 344
Quamoclit 90
Quamoclit gracilis 115 262 269 331
 quelite de venado 322
Quercus 20 26 80 107 112 113 121 133 140 171
 178 179 189 196 201 203 205 228 229 288
 320
Quercus affinis 207
Quercus canbyi 205
Quercus candicans 113 215 216 222 225 228
 236 237 336
Quercus castanea 112 141 150 172 178 181 190
 197 201 207 215 222 225 228 237 239 263
 288 319 336
Quercus conspersa 114 172 216 336
Quercus crassifolia 111 141 150 190 197 201
 207 336
Quercus crassipes 71 113 140 141 149 150 154
 155 157 190 197 201 207 215 216 222 225
 228 233 263 288 336

- Quercus deserticola* 113 207 215 216 222 225
 228 241 235 237 238 239 240 241 319 336
Quercus dysophylla 113 141 150 336
Quercus frutex 113 239 241 336
Quercus gentryi 113 207 215 216 222 225 228
 237 288 336
Quercus hartwegi 242
Quercus laeta 112 205 207 215 216 222 225 228
 236 237 238 239 263 336
Quercus laurina 113 122 127 129 131 140 141
 150 157 172 178 181 189 190 192 196 197
 201 319 336
Quercus magnoliifolia 113 171 172 177 178 181
 192 336
Quercus martinezii 113 141 336
Quercus mexicana 207
Quercus obtusata 113 140 141 149 150 154 155
 157 158 190 192 197 201 207 215 222 225
 228 234 235 237 239 242 263 275 276 279
 319 337
Quercus omissa 242
Quercus peduncularis 114 172 190 337
Quercus perseifolia 207
Quercus resinosa 112 171 172 177 178 181 192
 337
Quercus rugosa 110 122 127 129 141 150 189
 190 192 197 201 207 263 288 337
Quercus rysophylla 205
Quercus scytophylla 113 171 172 177 178 181
 192 337
Quercus sideroxyla 112 207 215 222 225 228
 233 234 235 237 239 242 263 288 319 337
Quercus spp. 71 133 134 151 153 155 179 228
 264
Quercus subspathulata 112 140 141 150 155
 172 178 181 190 196 197 201 215 222 225
 228 235 239 319 337
Quercus urbanii 207
Quercus viminea 207
Quercus virginiana var. *fusiformis* 205
 quiebra plato 331
 quiricua 345
Randia 90
Randia canescens 104 262 275 276 277 278 279
 349
Randia thurberi 103 261 263 273 276 279 349
 Ranunculaceae 83 348
Ranunculus 106
Ranunculus cf. *geoides* var. *geoides* 112 218 348
Ranunculus dichotomus 111 295 348
Ranunculus macranthus 110 143 218 348
Ranunculus petiolaris 112 142 173 193 218 348
Reseda 106
Reseda luteola 87 218 299 348
 Resedaceae 83 348
 retama 328
 reventador 323
 Rhamnaceae 83 348
Rhodosciadium 100
Rhodosciadium pringlei 218 322
Rhodosciadium purpureum 104 191 322
Rhodosciadium toluense 104 218 322
Rhus 87
Rhus radicans 109 143 173 192 193 219 269
 291 322
Rhus trilobata 115 173 216 263 322
Rhynchelytrum 92
Rhynchelytrum roseum 92 173 261 264 291 299
 346
Rhysolepis 102
Rhysolepis palmeri 103 263 326
Ricinus 92
Ricinus communis 92 297 334
Rorippa 86
Rorippa pinnata 101 267 332
 rosa amarilla 327
 Rosaceae 83 348
 Rubiaceae 79 83 348
Rubus 87
Rubus humistratus 114 143 191 348
 ruda 349
Ruellia 90

- Ruellia albiflora* 103 267 321
Ruellia lactea 104 218 264 321
Ruellia nudiflora 97 173 321
Rumex 87
Rumex crispus 87 299 347
Rumex sp. 267 347
 Rutaceae 83 349
Sabazia 98
Sabazia liebmannii 103 123 326
 Sabiaceae 83 349
 Salicaceae 349
Salix 80 87 121
Salix bonplandiana 110 294 349
Salix oxylepis 113 122 127 129 131 349
 saluen tzitzuac 324
Salvia 86 105
Salvia aff. *gesneriflora* 104 122 338
Salvia amarissima 104 267 299 338
Salvia assurgens 143 338
Salvia breviflora 216 239 259 263 276 279 338
Salvia cf. *leptostachys* 261 339
Salvia cf. *polystachya* 101 267 339
Salvia cinnabarina 101 123 142 191 218 338
Salvia clinopodioides 105 191 299 338
Salvia hirsuta 103 267 338
Salvia iodantha 122 297 338
Salvia laevis 104 173 218 338
Salvia lavanduloides 103 123 142 159 173 218
 291 338
Salvia leptostachys 264 338
Salvia longispicata 104 299 339
Salvia mexicana 69 102 123 142 159 173 191
 193 216 267 291 299 339
Salvia microphylla var. *microphylla* 104 218
 339
Salvia nigrifolia 173 339
Salvia polystachya 69 101 218 267 339
Salvia purpurea 101 191 218 291 299 339
Salvia reptans 101 264 339
Salvia rhyacophylla 104 267 339
Salvia sp. 191 339
Salvia sp. nov. 104 218 339
Salvia spp. 121
Sambucus 87
Sambucus mexicana 69 111 294 299 330
 sanguinaria 330
 Santa María 327
 Sapindaceae 83 349
Sarcostemma 90
Sarcostemma cf. *clausum* 95 262 269 323
Sarcostemma elegans 104 262 269 323
Sarcostemma pannosum 103 262 269 323
Satureja 86
Satureja macrostema 69 113 122 141 339
 sauce 349
 sauco 330
Schinus 94
Schinus molle 92 294 322
Schizocarpum 102
Schizocarpum parviflorum 269 332
Schizocarpum sp. 269 332
Schkuhria 89
Schkuhria pinnata var. *guatemalensis* 99 218
 239 264 326
Schoepfia 93
Schoepfia schreberi 97 192 342
Scirpus
Scirpus americanus 89 295 332
 Scrophulariaceae 82 83 102 349
Scutellaria 86
Scutellaria coerulea 101 143 191 218 339
Sedum 107
Sedum griseum 289 331
Sedum oxypetalum 113 289 331
Selaginella 87
Selaginella pallescens var. *pallescens* 97 218 287
 289 350
 Selaginellaceae 83 350
Senecio 86 105 189
Senecio aff. *platanifolius* 104 122 326

- Senecio albonervius* 104 122 127 141 326
Senecio angulifolius 104 123 131 191 218 326
Senecio barba-johannis 101 122 326
Senecio mexicanus 104 218 291 326
Senecio praecox 104 263 288 289 326
Senecio salignus 101 141 159 216 263 299 326
Senecio sinuatus 105 326
Senecio sp. 127
Senecio sp.2 141 143 326
Senecio sp.3 122 191 197 199 326
Senecio sp.4 326
Senecio sp.5 172 326
Senecio spp. 121 131
Senecio stoechadiformis 105 143 216 326
Senecio toluccanus 102 123 131 326
Senna 92
Senna hirsuta var. *glaberrima* 95 299 336
Sequoia 80
Serjania 94
Serjania racemosa 186 262 269 349
Setaria 90
Setaria geniculata 89 218 239 262 264 299 346
Setaria latifolia 103 261 346
Setaria longipila 99 267 346
shacua 321
shapushcari 330
sharacamata 324
shengua 348
Sicyos 93
Sicyos deppei 105 300 332
Sida 92
Sida abutifolia 262 341
Sida barcleyi 101 267 341
Sida cf. *rzedowskii* 104 267 341
Sida glutinosa 95 267 341
Sida rhombifolia 91 143 159 265 300 341
Sida sp. 267 341
sierrilla 336
Sigesbeckia 90
Sigesbeckia jorullensis 95 123 326
Simsia 94
Simsia amplexicaulis 99 264 326
sinvergüenza 325
Sisyrinchium 89
Sisyrinchium angustifolium 109 143 173 338
Sisyrinchium convolutum 96 267 338
Smilacaceae 83 350
Smilax 88
Smilax cf. *moranensis* 105 143 192 350
Smilax cordifolia 143 350
Smilax pringlei 103 123 192 350
Solanaceae 79 83 105 350
Solandra 94
Solandra maxima 99 291 350
Solanum 88
Solanum aff. *verrucosum* 102 262 351
Solanum americanum 89 193 350
Solanum appendiculatum 101 143 192 350
Solanum candidum 172 350
Solanum cardiophyllum var. *cardiophyllum* 105 262 350
Solanum cervantesii 101 122 131 350
Solanum edinense var. *solamanii* 218 350
Solanum madrense 103 263 351
Solanum nigrescens 96 219 267 351
Solanum pinnatisectum 267 351
Solanum rostratum 110 300 351
Solanum sp. 141 351
Solanum stoloniferum 105 219 351
Solanum torvum 95 192 351
Solanum tuberosum 74
Solanum umbellatum 97 300 351
Sonchus 87
Sonchus oleraceus 87 219 300 327
Sorghum 92
Sorghum bicolor 75 88 92 267 346
sota caballo 327
Spermacoce 94

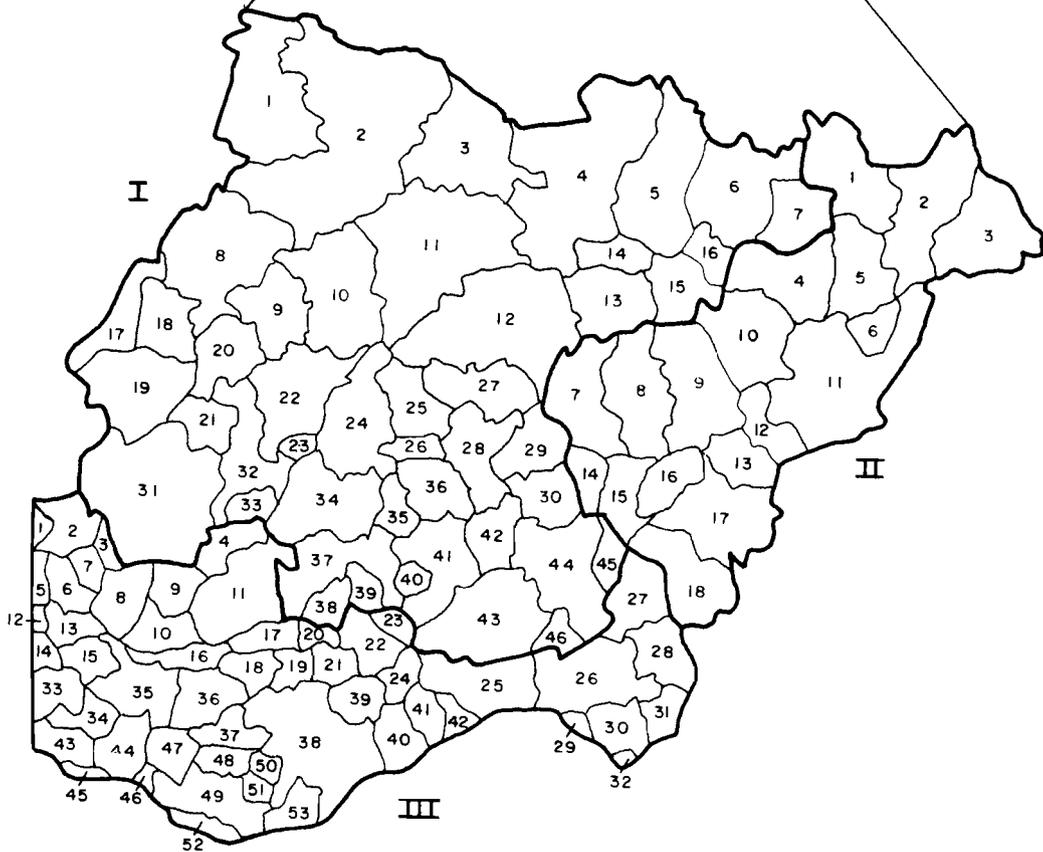
- Spermacoce confusa* 95 262 349
Spigelia 94
Spigelia scabrella 173 340
Spilanthes 90
Spilanthes alba 95 265 327
Spiranthes 88
Spiranthes aurantiaca 101 267 343
Spiranthes cinnabarina 101 267 343
Spiranthes eriophora 101 143 343
Spiranthes sp. 267 343
Sporobolus 88
Sporobolus atrovirens 102 261 264 346
Sporobolus indicus 95 300 346
Stachys 86
Stachys agraria 101 267 339
Stachys boraginoides 219 339
Stellaria 87
Stellaria cuspidata 96 123 143 219 330
Stemodia 90
Stemodia durantifolia 95 267 350
Stemodia sp. 239 267 350
Stenocereus 97 257 279
Stenocereus queretaroensis 69 105 259 263 273 329
 Sterculiaceae 83 351
Stevia 94
Stevia elatior 101 219 327
Stevia lucida 96 267 327
Stevia monardifolia 105 122 131 143 327
Stevia origanoides 102 219 291 327
Stevia ovata 96 143 191 264 327
Stevia serrata 96 142 173 217 267 327
Stevia spp. 159
Stevia viscida 101 264 300 327
Stillingia 92
Stillingia zelayensis 99 217 334
Stipa 131
Struthanthus 94
Struthanthus microphyllus 105 192 340
Struthanthus venetus 99 219 291 340
 Styracaceae 83 351
Styrax 93 190 203
Styrax ramirezii 101 189 190 192 196 197 199 201 202 319 351
Symphoricarpos 108
Symphoricarpos microphyllus 111 191 330
 Symplocaceae 83 351
Symplocos 93 190 203
Symplocos prionophylla 105 189 190 192 197 199 201 319 351
 tabardillo 325 326
Tagetes 89
Tagetes filifolia 96 143 265 327
Tagetes lucida 99 219 267 327
Tagetes lunulata 115 143 219 327
Tagetes micrantha 115 219 327
Tagetes sp. 219 327
Tagetes spp. 159
Tagetes subulata 99 219 265 291 327
Tagetes tenuifolia 99 219 267 289 300 327
 talayote del coyote 323
Talinum 92
Talinum paniculatum 95 267 347
Talinum tuberosum 105 267 347
 tarapeni 342
 tareshuar pitacua 343
Tauschia 109
Tauschia nudicaulis 111 143 159 322
 Taxodiaceae 83 351
Taxodium 109
Taxodium mucronatum 111 294 351
Tecoma 94
Tecoma stans 95 263 275 276 277 279 328
 tecomaca 329
 tejocote 348
 tepame 328 334
 tepame blanco 334
 tepehuaje 336

- Tephrosia* 90
Tephrosia sinapou 95 267 336
 tepoja 340
 tepuza 340
Ternstroemia 93 115 190 203
Ternstroemia pringlei 71 114 122 127 141 172
 178 181 189 190 192 196 197 199 201 319
 351
 teteque 334
 tetlate 329
Tetramerium 94
Tetramerium hispidum 99 262 321
Thalictrum 107
Thalictrum gibbosum 113 193 219 348
Thalictrum peltatum 262 348
 Theaceae 83 351
 thucum 344
Thyrsanthemum 102
Thyrsanthemum floribundum 267 331
Tigridia 96
Tigridia multiflora 105 143 338
Tilia 107 190 203
Tilia mexicana 71 112 189 190 197 203 288 351
 Tiliaceae 83 351
Tillandsia 94 115
Tillandsia achrostachys 105 269 328
Tillandsia argentea 143 328
Tillandsia cf. circinnata 97 291 328
Tillandsia fasciculata 97 269 328
Tillandsia recurvata 95 219 269 291 328
Tinantia 94
Tinantia erecta 102 267 331
Tithonia 98
Tithonia rotundifolia 99 267 327
Tithonia tubiformis 99 300 327
 tomatillo 351
 torescua 350
 toritos 341
Trachypogon 93
Trachypogon montufari 101 267 346
Tradescantia 89
Tradescantia crassifolia 99 262 291 331
Tragia 90
Tragia nepetifolia 99 173 334
 tres colores 352
Tridax 95
Tridax coronopifolia 102 264 327
Trifolium 106
Trifolium amabile 111 142 159 173 219 267 300
 336
Trigonospermum 100
Trigonospermum annuum 105 261 327
 tripa de pollo 337
 tripa de vaca 353
Tripogandra 95
Tripogandra aff. floribunda 95 267 331
Tripogandra amplexicaulis 99 267 331
Tripogandra purpurascens ssp. purpurascens
 143 265 300 331
Trisetum 87
Trisetum virletii 113 123 131 143 219 346
Triticum 74
Triumfetta 90
Triumfetta cf. semitriloba 95 263 351
 tsiquile 340
 tsirapsi 336
 tsitsiki urapiti 328
 tsurimbini 334
 tsurumbini 334
 tsutuni 348
 tukus 337
 tule 352
 tuncuaraque 350
 tupama 328
 tupe tsiramu 350
 tupicu 345
Typha 86
Typha latifolia 108 295 352
 Typhaceae 83 352
 tzinyacua 350

- tzirimo 351
 uhitz 324
 uichu uri 333
 uitzacua 349
 Ulmaceae 83 352
 urapiti uku 351
 uremu 337
 urikoste 336
 urikua 336
Urtica 106
Urtica dioica var. *angustifolia* 112 295 300 352
 Urticaceae 83 352
 uruata 322
Utricularia 86
Utricularia gibba 93 295 339
Valeriana 87
Valeriana densiflora 101 143 219 352
Valeriana sorbifolia var. *sorbifolia* 101 291 352
Valeriana sp. 219 352
Valeriana urticifolia 96 143 219 291 352
 Valerianaceae 83 352
 vara blanca 326 327
 vauar 352
 veradera 324
Verbena 89
Verbena bipinnatifida 111 143 267 352
Verbena carolina 101 143 219 352
Verbena elegans 102 267 352
Verbena menthaefolia 111 267 352
Verbena recta 105 219 267 291 352
 Verbenaceae 83 352
Verbesina 95 115
Verbesina aff. *liebmannii* 103 216 327
Verbesina cf. *greenmanii* 103 172 327
Verbesina discoidea 105 191 327
Verbesina oncophora 103 141 327
Verbesina sp. 267 327
Verbesina sphaerocephala 103 141 159 161 216
 263 264 289 299 327
Verbesina stricta 115 267 327
Verbesina tetraptera 105 219 239 267 327
Verbesina virgata 103 289 327
Vernonia 92
Vernonia alamanii 105 219 267 299 327
Vernonia sp. 267 327
Vernonia uniflora 105 216 222 233 327
Viburnum 108
Viburnum microphyllum 112 141 190 197 199
 330
Vicia 108
Vicia humilis 101 143 336
Viguiera 95
Viguiera cf. *hypochlora* 101 267 327
Viguiera dentata 101 299 327
Viguiera excelsa 105 264 327
Viguiera grammatoglossa 219 327
Viguiera linearis 105 267 327
Viguiera quinqueradiata 103 252 259 263 272
 273 276 277 281 327
Viguiera sphaerocephala 105 261 327
Viola 108
Viola cf. *hookeriana* 113 173 191 353
Viola ciliata 111 143 217 353
 Violaceae 83 352
 Vitaceae 83 353
Wigandia 95
Wigandia urens 96 299 338
Wissadula 92
Wissadula amplissima 267 341
Wolffia 86
Wolffia columbiana 295 339
Woodsia 87
Woodsia mollis 111 262 347
 xacuamortasa 322
 xanuata tsitsiki 343
 xapindicua 350
 xaricamata 324
 xcantiris 334

- xikariurapu 327
Ximenia 90
Ximenia parviflora 263 342
zacate 345 346
Zannichellia 86
Zannichellia palustris 86 295 353
Zannichelliaceae 83 353
Zanthoxylum 108
Zanthoxylum affine 105 261 262 272 273 275
276 279 349
zarcillo 348
zarzaparrilla 350
Zea 67
Zea mays 69
Zephyranthes 95
Zephyranthes carinata 101 173 193 322
zicuito 351
Zinnia 100
Zinnia americana 99 267 327
Zinnia haageana 103 264 327
Zinnia peruviana 96 262 327
Zinnia purpusii 103 267 327
Zornia 88
Zornia thymifolia 99 267 336
zoromuta 345 346
Zygophyllaceae 83 353

I MUNICIPIOS DE GUANAJUATO	II MUNICIPIOS DE QUERETARO	III MUNICIPIOS DE MICHOACAN
32 Abasolo	18 Amealco	53 Acuitzio
43 Acámbaro	1 Arroyo Seco	24 Alvaro Obregón
30 Apaseo El Alto	11 Cadereyta	9 Angamacutiro
29 Apaseo El Grande	9 Colón	32 Angangueo
7 Atarjea	8 El Marqués	36 Coeneo
28 Celaya	12 Ezequiel Montes	28 Contepec
27 Comonfort	15 Huimilpan	21 Copándaro de Galeana
45 Coroneo	2 Jalpan	22 Cuitzeo
36 Cortazar	3 Landa	40 Charo
21 Cuerámara	16 Pedro Escobedo	34 Cherán
14 Doctor Mora	4 Peñamiller	33 Chilchota
11 Dolores Hidalgo	5 Pinal de Amoles	19 Chucándiro
10 Guanajuato	7 Querétaro	6 Churintzio
33 Huanímaro	6 San Joaquín	5 Ecuandureo
22 Irapuato	17 San Juan del Río	27 Epitacio Huerta
35 Jaral del Progreso	13 Tequisquiapan	47 Erongarícuaro
44 Jerécuaro	10 Tolimán	20 Huandacareo
25 Juventino Rosas	14 Villa Corregidora	18 Huaniqueo
8 León		51 Huiramba
19 Manuel Doblado		41 Indaparapeo
38 Moroleón		29 Irimbo
1 Ocampo		2 La Piedad
31 Pénjamo		50 Lagunillas
23 Pueblo Nuevo		26 Maravatío
17 Purísima del Rincón		38 Morelia
20 Romita		44 Nahuatzen
24 Salamanca		3 Numarán
41 Salvatierra		10 Panindícuaro
3 San Diego de la Unión		43 Paracho
2 San Felipe		49 Pátzcuaro
18 San Francisco del Rincón		8 Penjamillo
13 San José Iturbide		15 Purépero
4 San Luis de la Paz		11 Puruándiro
12 San Miguel de Allende		42 Queréndaro
16 Santa Catarina		37 Quiroga
40 Santiago Maravatío		23 Santa Ana Maya
9 Silao		52 Santa Clara del Cobre
46 Tarandacuao		30 Senguio
42 Tarimoro		4 Sixto Verduzco
15 Tierra Blanca		14 Tangancícuaro
39 Uriangato		39 Tarímbaro
34 Valle de Santiago		46 Tingambato
5 Victoria		31 Tlalpujahuá
26 Villagrán		13 Tlazazalca
6 Xichú		48 Tzintzuntzan
37 Yuriria		45 Uruapan
		16 Villa Jiménez
		17 Villa Morelos
		1 Yurécuaro
		35 Zacapu
		12 Zamora
		7 Zináparo
		25 Zinapécuaro



FASCICULOS PUBLICADOS

1. Papaveraceae. G. Calderón de Rzedowski.
2. Cistaceae. G. Calderón de Rzedowski.
3. Burseraceae. J. Rzedowski y F. Guevara Féfer.
4. Taxodiaceae. E. Carranza.
5. Coriariaceae. G. Calderón de Rzedowski.
6. Linaceae. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski.
7. Loasaceae. G. Calderón de Rzedowski.
8. Cornaceae. E. Carranza.
9. Taxaceae. S. Zamudio.
10. Melastomataceae. F. Almeda.
11. Meliaceae. G. Calderón de Rzedowski y M. T. Germán.
12. Osmundaceae. M. Palacios-Rios.
13. Marattiaceae. M. Palacios-Rios.
14. Hymenophyllaceae. L. Pacheco.
15. Dipsacaceae. G. Calderón de Rzedowski.
16. Malvaceae. P. A. Fryxell.
17. Caricaceae. G. Calderón de Rzedowski y J. A. Lomeli.
18. Zingiberaceae. A. P. Vovides.
19. Symplocaceae. H. Díaz-Barriga.
20. Araliaceae. A. R. López.
21. Styracaceae. E. Carranza.
22. Bignoniaceae. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski.
23. Platanaceae. E. Carranza.
24. Lythraceae. S. A. Graham.
25. Lophosoriaceae. M. Palacios-Rios.
26. Smilacaceae. G. Calderón de Rzedowski y J. Rzedowski.
27. Buxaceae. R. Fernández Nava.
28. Cochlospermaceae. G. Calderón de Rzedowski.
29. Cupressaceae. S. Zamudio y E. Carranza.
30. Zygophyllaceae. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski.
31. Violaceae. Harvey E. Ballard, Jr.
32. Compositae. Tribu Cardueae. E. García y S. D. Koch.
33. Polemoniaceae. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski.
34. Olacaceae. G. Calderón de Rzedowski.
35. Resedaceae. G. Calderón de Rzedowski.
36. Fouquieriaceae. S. Zamudio.
37. Salicaceae. E. Carranza.
38. Compositae. Tribu Vernoniaeae. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski.

Complementarios

- I. Presentación. Guía para los autores y normas editoriales.
- II. Listado florístico preliminar del estado de Querétaro. E. Argüelles, R. Fernández y S. Zamudio.
- III. Listado preliminar de especies de pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro. H. Díaz Barriga y M. Palacios-Rios.
- IV. Estudio florístico de la Cuenca del Río Chiquito de Morelia, Michoacán, México. C. Medina y L. S. Rodríguez.
- V. Lista de la flora espontánea del jardín botánico "El Charco del Ingenio", San Miguel de Allende, Guanajuato (México). W. L. Meagher.
- VI. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección I (Gymnospermae; Angiospermae: Acanthaceae-Commelinaceae). L. S. Rodríguez Jiménez y J. Espinosa Garduño.
- VII. Listado florístico del estado de Michoacán. Sección II (Angiospermae: Compositae). J. Espinosa Garduño y L. S. Rodríguez Jiménez.