

# DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE ET DÉFORESTATION : L'EXEMPLE DES FORÊTS TROPICALES HUMIDES DU MEXIQUE

**La déforestation** constitue une menace pour la diversité spécifique, notamment celle des forêts tropicales. Actuellement, 4,3 % des surfaces forestières sont anéanties chaque année. À cette allure, les forêts tropicales humides mexicaines auront disparu dans vingt-cinq ans. L'auteur analyse les effets de divers facteurs sur la biodiversité de ces forêts et il évalue les conséquences de la déforestation sur l'extinction des espèces.

**Henri Puig**

Laboratoire d'écologie terrestre  
13, avenue du Colonel-Roche  
BP 4403  
31405 Toulouse Cedex 4  
France



**Photo 1**

*Lobelia cardinalis* (Campanulaceae)  
dans le sud du Mexique.  
*Lobelia cardinalis* (campanulácea)  
en el sur de México.

## RÉSUMÉ

### DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE ET DÉFORESTATION : L'EXEMPLE DES FORÊTS TROPICALES HUMIDES DU MEXIQUE

La dégradation croissante des paysages tropicaux et l'érosion de leur biodiversité sont un des problèmes environnementaux les plus cruciaux. Les forêts tropicales recèlent la plus large diversité spécifique connue : elles contiennent plus de la moitié des espèces animales et végétales de la planète. Quelle est la signification de la richesse spécifique dans les forêts tropicales ? L'exemple des forêts du sud du Mexique permet d'analyser les conséquences de la déforestation sur l'extinction des espèces. Les mécanismes qui interviennent dans le maintien de la biodiversité sont analysés : les caractéristiques du milieu y sont optimales pour l'évolution et les extinctions d'espèces sont minimales. La richesse spécifique y est le produit de la contribution spontanée de spéciations et des possibilités de mutations qui sont immenses. La flore et la faune mexicaines sont parmi les plus riches du monde mais elles sont menacées surtout dans les forêts tropicales, qui, avec un taux de déforestation de 4,3 % par an, auront disparu dans environ 25 ans. Les évaluations des pertes de biodiversité sont de 0,5 à 1 % par an pour les zones tropicales.

**Mots-clés :** biodiversité, déforestation, forêt tropicale, Mexique.

## ABSTRACT

### SPECIFIC DIVERSITY AND DEFORESTATION: THE EXAMPLE OF MEXICO'S MOIST TROPICAL FORESTS

The increasing deterioration of tropical landscapes and the erosion of their biodiversity are one of the most pressing environmental problems of the moment. Tropical forests contain the greatest specific diversity known—in all, more than half the planet's animal and plant species. What is the significance of the specific wealth of tropical forests? The example of the forests of southern Mexico contributes to an analysis of the consequences of deforestation on the extinction of species. The mechanisms which come into play in the maintenance of biodiversity are analyzed: the various features of the environment here are optimum for evolution and species only become extinct in very rare cases. The specific wealth of these forests is the result of the spontaneous contribution of speciation and the possibilities of mutations are enormous. The flora and fauna of Mexico are among the world's richest, but they are threatened above all in the country's tropical forests where, with a 4.3% per annum deforestation rate, they will have disappeared in about 25 year's time. Assessment of biodiversity losses range from 0.5 to 1% per annum for the tropical zones.

**Keywords:** biodiversity, deforestation, tropical forests, Mexico.

## RESUMEN

### DIVERSIDAD ESPECÍFICA Y DEFORESTACION: EL EJEMPLO DE LOS BOSQUES TROPICALES DE MÉXICO

La creciente degradación de los paisajes tropicales y la erosión de su biodiversidad son uno de los problemas medioambientales más importantes. Los bosques tropicales contienen la mayor diversidad específica conocida: más de la mitad de las especies animales y vegetales del planeta. ¿Cuál es el significado de la riqueza específica en los bosques tropicales? El ejemplo de los bosques del sur de México permite analizar las consecuencias de la deforestación en la extinción de las especies. Se analizan los mecanismos que intervienen en el mantenimiento de la biodiversidad: las características del medio son óptimas para la evolución y la extinción de especies es mínima. La riqueza específica es el producto de la contribución espontánea de la evolución de las especies y de las inmensas posibilidades de mutación. La flora y la fauna mexicanas se encuentran entre las más ricas del mundo pero se hallan amenazadas, sobretudo en los bosques tropicales. Con un índice de deforestación del 4,3 % anual habrán desaparecido dentro de unos 25 años. Las evaluaciones de las pérdidas de biodiversidad son del 0,5 al 1% año en las zonas tropicales.

**Palabras clave:** biodiversidad, deforestación, bosque tropical, México.

## INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, la dégradation croissante des paysages, notamment sous les tropiques, est un des problèmes environnementaux les plus cruciaux auxquels nous sommes confrontés. Après celle-ci, c'est l'érosion de la biodiversité qui devient de plus en plus alarmante au point que la Convention sur la biodiversité, signée à Rio en juin 1992, a justement attiré l'attention, non seulement des milieux scientifiques internationaux, mais aussi des responsables politiques et des communautés socio-économiques du monde entier. La biodiversité ou la diversité du vivant se réfère à toute forme de vie, animale ou végétale, qui existe sur la planète. Elle intègre tous les niveaux d'organisation, depuis la molécule jusqu'aux individus, peuplements, populations, communautés, écosystèmes, paysages et zones biogéographiques, c'est-à-dire de la diversité génétique à la diversité des formes qui permettent l'organisation générale de la biosphère. Au-delà des seuls scientifiques, les sociétés humaines sont fortement concernées par la biodiversité puisqu'elles en dépendent comme source d'aliments, de médicaments et de matériaux divers. Des molécules variées et des gènes utilisables dans les industries pharmaceutiques, agro-alimentaires ou dans le secteur plus large des biotechnologies sont des ressources potentielles qu'il convient d'apprendre à protéger, à gérer et à développer. Gardons-nous cependant de croire que seules les considérations économiques doivent nous inciter à maintenir et à protéger la biodiversité. La seule beauté d'un site,

sa valeur culturelle et la signification éthique de la biodiversité sont aussi importantes que l'intérêt biotechnologique de cette dernière.

## UNE BIODIVERSITÉ REMARQUABLE

Les forêts tropicales humides apparaissent, aujourd'hui, comme des écosystèmes complexes, voire contradictoires dans la mesure où leur haute biodiversité, leur exubérance extrême et leur hétérogénéité semblent en contradiction avec le fait qu'il s'agit de milieux très fragiles et soumis à de fortes contraintes, malgré la température et l'humidité élevées. Des contraintes apparaissent telles que la compétition inter- et intraspécifique, la pression de la prédation, la disponibilité saisonnière des ressources (notamment pour les animaux), l'hétérogénéité de l'habitat. Ces contraintes pourraient expliquer, au moins en partie, pourquoi, en forêt tropicale humide, la majorité

des espèces n'est représentée que par un petit nombre d'individus. Les espèces sont donc relativement rares malgré leur très grand nombre. Naturellement, la biodiversité élevée des forêts tropicales humides varie beaucoup d'un continent à l'autre. Ainsi, BLANC (1997) montre que la Guyane française (90 000 km<sup>2</sup>) renferme 4 300 espèces de phanérogames et la Malaisie péninsulaire (130 000 km<sup>2</sup>) 8 000 espèces ; flore beaucoup plus riche donc, qui semble avoir été préservée des grands accidents climatiques survenus en Amérique tropicale. Les forêts tropicales recèlent la plus large diversité spécifique connue et abritent aussi de nombreuses espèces encore inconnues, car les inventaires sont loin d'y être terminés ; on sait que les forêts tropicales humides contiennent plus de la moitié des espèces animales et végétales de la planète, dont 80 % des insectes,

### Photo 2

Plantes de sous-bois en forêt tropicale humide en Malaisie, avec *Begonia pavoniana* (feuilles bleues).

*Plantas de sotobosque en bosque tropical húmedo de Malasia, con Begonia pavoniana (hojas azules).*



84 % des reptiles, 91 % des amphibiens et 90 % des primates. STORK, *in* WHITMORE et SAYER (1992), estime qu'il existe entre 20 et 80 millions d'espèces d'invertébrés. LUGO (1988) évalue que, sous les tropiques, le nombre d'espèces varie de 3 à 8 millions. PONCY et LABAT (1995) estiment que les flores tropicales renferment près des deux tiers des 250 000 espèces de plantes à fleur, soit environ 180 000 espèces. Ces auteurs écrivent que l'Amérique tropicale possède environ 85 000 espèces, l'Afrique tropicale 35 000, Madagascar 8 500, l'Asie tropicale 40 000, l'Australie 20 000. Le tableau I permet d'illustrer la diversité spécifique des tropiques en comparant la richesse spécifique de la France métropolitaine avec celle de la Guyane française et de la Nouvelle-Calédonie. Ces deux dernières régions ont un nombre d'espèces du même ordre de grandeur que celui de la France pour des surfaces respectivement 6 et 30 fois plus petites.

D'après PONCY et LABAT (*op. cit.*), il faudrait environ 150 ans pour terminer « *Flora Malesiana* » et 400 ans pour « *Flora Neotropica* » ! Subsistera-t-il encore des forêts tropicales humides ? Il est bien difficile de répondre à cette question ; aussi dans cet article nous limiterons-nous à nous interroger sur la signification de la richesse spécifique dans les forêts tropicales, celles du sud du Mexique surtout, et à analyser les conséquences de la déforestation sur l'extinction des espèces.

	Surface (%)	Nombre d'espèces
France métropolitaine	100	4 500
Nouvelle-Calédonie	3	4 200
Guyane française	15	5 000

**Tableau I**

Diversité spécifique comparée dans différents territoires français en fonction de leur surface respective (d'après PONCY, LABAT, 1995).

## QUELQUES MÉCANISMES DE LA DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE

Des interrogations aussi simples que celles-ci n'ont pas de réponses très précises : combien d'espèces vivent dans les forêts tropicales ? Combien d'espèces disparaîtraient si ces forêts étaient supprimées ou si elles étaient simplement exploitées ? Combien d'espèces sont nécessaires pour assurer la régénération d'une forêt tropicale humide ? D'autres questions plus générales et plus complexes se posent telles que : quel est le rôle de la richesse spécifique dans le fonctionnement des écosystèmes ? Quel est le nombre minimal d'espèces requis pour le fonctionnement d'un écosystème forestier ? Toutes les espèces ont-elles la même importance dans une forêt ? Quel est le rôle précis des espèces-clés\* et des espèces dominantes dans le fonctionnement des écosystèmes ? Quel est le rôle exact de la dimension spatiale et temporelle de la biodiversité dans l'évolution des écosystèmes ?

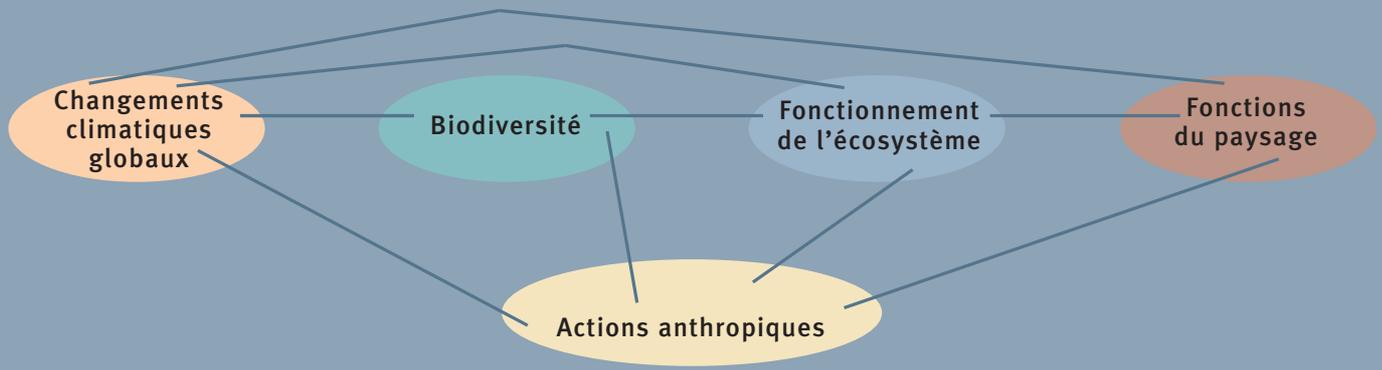
Il est difficile d'apporter des réponses complètes et satisfaisantes à ces interrogations. Pour cela, il faudrait clarifier le rôle de la biodiversité dans chacun de ces domaines et à chaque niveau spatial. L'approfondissement de nos connaissances dans les années à venir devrait nous permettre de mieux comprendre et de mieux apprécier les conséquences des modifications accélérées des paysages et la signification écologique de ces changements et de ces interactions qui interfèrent selon le schéma ci-après (figure 1).

Les forêts tropicales du monde ont de nombreux traits communs, qui sont dus à la similitude des conditions du milieu, d'une part, et à la profonde unité du vivant, d'autre part : les caractéristiques du milieu pour les biotopes à diversité élevée ou faible sont similaires partout sous les tropiques.

Si la latitude et le climat sont des facteurs écologiques essentiels favorisant la biodiversité, d'autres facteurs importants existent, tels les processus historiques, les événements exceptionnels (incendies, ouragans, cyclones...), les perturbations extrêmes. Les conditions de la biodiversité ne sont pas figées. Elles

\* Le nombre d'espèces exploitées par un (groupe) animal peut, au cours de périodes critiques, se réduire à une seule : on parle alors d'espèce-clé (CHARLES-DOMINIQUE, 1992). Les espèces dominantes sont celles qui sont représentées par un grand nombre d'individus.

**Figure 1**  
Liaisons milieux et biodiversité  
*Relaciones medios y biodiversidad*



ont changé au cours des temps géologiques et continuent encore de changer du fait des fluctuations cosmologiques, de la dynamique interne du globe terrestre, de l'évolution des organismes et des écosystèmes, et aussi, récemment, du rôle de l'homme sur la biosphère.

### DES CONDITIONS DE MILIEU OPTIMALES

Pour certains auteurs, la biodiversité élevée des forêts tropicales humides serait due au fait que les caractéristiques du milieu y sont optimales pour l'évolution et que les extinctions d'espèces y sont minimales (STEBBINS, 1974). Les conditions climatiques moyennes — en termes d'abondance des pluies et de faible fréquence du froid — sont les plus favorables à l'évolution. En effet, les climats, chauds et humides, ont des caractéristiques proches de la thermoneutralité des organismes homéothermes, ce qui limite les dépenses d'énergie. De ce fait, la productivité plus régulière et plus élevée qu'aux hautes latitudes atténuerait les pressions de compétition (CONNEL, ORIAS, 1974). STEBBINS (1974) voit la forêt tropicale humide non pas nécessairement comme le

berceau de la diversité spécifique, mais comme un conservatoire des taxa où les plus évolués et les plus récents s'ajoutent aux plus anciens, car les disparitions d'espèces y sont peu nombreuses. La richesse augmente avec le temps. Ces hypothèses sont fondées sur le concept d'un environnement stable sous les basses latitudes où se situent les forêts tropicales humides. On présume qu'un environnement stable — à l'échelle des temps géologiques — favoriserait le maintien et l'évolution des espèces.

### L'ÉDIFICATION LENTE DES ÉCOSYSTÈMES

Les observations de PRANCE (1982) suggèrent que les conditions écologiques sous les tropiques n'ont pas été continuellement favorables à la spéciation, comme on l'avait pensé précédemment. Dans des habitats perturbés par des agents naturels ou par l'action de l'homme, les possibilités évolutives sont aussi orientées vers l'augmentation de la diversité du vivant grâce aux « explosions de créativité » dues à l'hybridation (ANDERSON, STEBBINS, 1954). Les perturbations peuvent aussi provoquer un relâ-

chement des interactions biotiques (compétition, concurrence) et induire des possibilités de spéciation à travers la coexistence des espèces. WILSON (1992) montre que, notamment dans le cas de spéciations de type sympatrique, « les espèces peuvent se former rapidement et la biodiversité peut augmenter de façon explosive » (p. 93). Mais il signale que de telles espèces ne s'insèrent pas solidement et durablement dans les communautés où elles sont apparues. En revanche, il ajoute que « une grande diversité biologique requiert pour s'instaurer de longues périodes de temps géologique et l'édification de grands réservoirs de gènes uniques en leur genre » (p. 93). De fait, les écosystèmes qui présentent une biodiversité élevée s'édifient lentement à l'échelle géologique, sur des millions d'années.

### DES SPÉCIATIONS SYMPATRIQUES ET ALLOPATRIQUES

De son côté, HAFFER (1982) soutient que les mécanismes de l'évolution sont les mêmes sous les tropiques et sous d'autres latitudes et que les taux de mutation y seraient similaires. Pour lui, la richesse spécifique est le produit

de la contribution spontanée de spéciations *sympatriques* et *allopatriques* qui ont agi au crétacé, au tertiaire et au quaternaire. La spéciation sympatrique correspond à la naissance d'une nouvelle espèce dans le même habitat que l'espèce parentale. Elle se distingue de la spéciation allopatrique réalisée lorsque la genèse d'une nouvelle espèce s'effectue dans un lieu différent de l'espèce dont elle est issue. Cela correspond à la spéciation géographique puisque la nouvelle espèce est séparée par une barrière géographique (fleuve, montagne...). Selon HAFER (*op. cit.*), le type allopatrique est celui qui contribue le plus efficacement à la richesse spécifique, grâce à la radiation à longue distance et à la fragmentation des habitats. Cette dernière se produit, sous les tropiques, à travers les changements paléogéographiques affectant la répartition des terres et des océans, la formation des systèmes et des bassins hydrologiques et

les fluctuations climat/végétation, qui aboutissent à la formation de refuges. Dans ces refuges, ces espèces peuvent soit disparaître (extinction d'espèces), soit survivre sans modifications, soit, enfin, survivre avec différenciation en sous-espèces ou même en espèces vicariantes ou nouvelles. L'hypothèse de HAFER (*op. cit.*) avance le rôle des refuges comme centres d'évolution et de survie. Dans de tels refuges, la « spéciation-immigration » d'espèces l'emporte sur « l'extinction-émigration » (PRANCE, 1982).

À partir de l'exemple des plantes des sous-bois des forêts tropicales humides, BLANC (1997) a analysé les mécanismes de dispersion, de spéciation et d'extinction. Les espèces à très petites graines dispersées à très courte distance se diversifient pendant les phases forestières humides et disparaissent lors des régressions. Ces petites espèces poussant sur les rochers, donc sur des biotopes étant par principe fragmentés, et à faible vitesse de dispersion seraient soumises en permanence à la spéciation. Mais la fragmentation forestière consécutive aux phases sèches du quater-

naire et de l'holocène favoriserait alors leur extinction. Au contraire, les espèces de sous-bois à plus grosses graines, dispersées à plus longue distance par des animaux et poussant sur des sols forestiers, se diversifient lors des phases sèches responsables d'une fragmentation de la forêt. La fragmentation forestière est alors source de spéciation. (photo 2, *Begonia pavoniana* dans un sous-bois de forêt en Malaisie).

### CATASTROPHES, FACTEURS ABIOTIQUES ET BIOTIQUES

Parmi d'autres facteurs, SEPkosKI et RAUP (1986) évoquent l'impact potentiel d'événements catastrophiques sur les grands biomes. Des facteurs périodiques cosmologiques (avec une fréquence de renouvellement en millions d'années) sont impliqués dans les extinctions d'espèces soudaines et massives (*ibid.*). Il est vraisemblable que les grandes éruptions volcaniques et explosions, comme celle du Krakatau (en 1883), se reproduisent de manière cyclique, à l'échelle des temps géologiques. Ainsi, ALVAREZ (cité par WILSON, 1992) est arrivé à la conclusion que ce genre de catastrophe s'est peut-être produit à la fin du mésozoïque, avec le déclin et la disparition des dinosaures et de quelques autres petits groupes zoologiques.

Par ailleurs, l'importance de la compétition et d'autres actions biotiques comme les forces adaptatives de l'évolution sont sous-estimées. En effet, l'évolution des êtres vivants est caractérisée d'abord par l'immense diversité des possibilités de mu-

#### Photo 3

Abattis dans lequel se mélangent les espèces cultivées, les espèces pionnières et les espèces forestières.

*Broza de corta en la que se mezclan especies cultivadas, pioneras y forestales.*



tation. Elle l'est aussi par la vitesse à laquelle peut se manifester la sélection naturelle. Ces diverses hypothèses n'empêchent pas de reconnaître simultanément l'importance essentielle du temps (durée), du climat, du substrat et d'autres facteurs environnementaux dans l'interprétation des phénomènes de l'évolution.

Si les facteurs biotiques jouent un rôle primordial dans le maintien de la biodiversité des forêts tropicales humides, les facteurs abiotiques sont eux aussi essentiels. La disponibilité des ressources a une influence sur la diversité spécifique. Ainsi, on constate que la complexité de la forêt augmente avec la disponibilité en eau (eau atmosphérique et eau édaphique). Celle-ci doit être corrélée avec la grande disponibilité en nutriments, qui dépendent d'elle pour leur transfert. Ceux-ci ne sont pas obligatoirement en grande concentration dans le sol car ils s'emmagasinent dans la phytomasse aérienne ou hypogée et peuvent se recycler rapidement.

## L'EXPLOITATION FORESTIÈRE

L'exploitation forestière n'affecte pas nécessairement la richesse spécifique dans un sens négatif. Les perturbations liées à l'exploitation créent de nouvelles conditions environnementales qui permettent, parfois, un accroissement de la diversité animale et végétale, à condition que ces perturbations soient de faible intensité, c'est-à-dire de courte durée et avec un faible taux de prélèvement. Les espèces inféodées à un milieu ouvert, telles les espèces pionnières héliophiles, s'ajoutent

aux espèces déjà présentes dans la forêt avant l'exploitation, quand celle-ci est modérée dans l'espace et dans le temps. Cependant, lorsque la pression anthropique est élevée dans le voisinage immédiat de l'exploitation, la faune est soumise à de gros risques, conséquences indirectes de l'exploitation : chasse, braconnage, piégeage. Ainsi, en Guyane française, depuis l'ouverture de la piste de Saint-Elie (près de Sinnamary), un certain nombre d'espèces animales (singe hurleur, singe araignée, toucan, etc.) ont disparu, de part et d'autre de la piste, car elles ont été trop chassées. De tels exemples se rencontrent dans tous les pays tropicaux. De même, après l'exploitation, l'intervention des populations humaines avoisinantes peut induire des excès dans l'utilisation des plantes, allant jusqu'à la destruction de la forêt, et donc aboutir à une diminution de la richesse spécifique. C'est ce qui se passe, par exemple, dans l'État de Rondônia, au Brésil. Les perturbations naturelles (chablis) ou induites (exploitation légère) sont donc des facteurs d'hétérogénéité et peuvent être source de biodiversité.

## ANIMAUX FRUGIVORES ET CONSOMMATEURS PRIMAIRES

Dans les forêts tropicales humides, un des facteurs les plus remarquables de l'hétérogénéité forestière est consécutif à l'action des animaux frugivores qui assurent une grande partie de la dissémination des graines. La dissémination des diaspores (graines ou fruits) se fait de façon extrêmement hétérogène, puisque les

lieux et les distances de dissémination dépendent des caractéristiques des animaux : habitudes alimentaires, parcours, comportements sociaux. À ce rôle des animaux dans la dissémination des graines, s'ajoutent d'autres facteurs : les accidents naturels de la forêt (et la topographie), les caractéristiques écophysiologiques des plantules, la prédation sous toutes ses formes. Ainsi, de multiples combinaisons, variées à l'extrême, orientent la croissance des végétaux, contribuent à la formation d'une mosaïque en perpétuel renouvellement et au maintien de la biodiversité. Ces mécanismes sont la conséquence de l'évolution au cours de laquelle des coadaptations, voire des coévolutions entre végétaux et animaux, se sont mises en place. La vaste diversité des interactions entre consommateurs et végétaux traduit la diversité de fonctionnement des écosystèmes. Cependant, si certains consommateurs primaires peuvent présenter des comportements alimentaires très plastiques (espèces opportunistes), cela remet-il en cause la notion d'espèce-clé ou de ressource-clé ? Par exemple, cette notion subsiste-t-elle si des oiseaux réputés frugivores ou granivores peuvent devenir insectivores ? Cela ne remet-il pas aussi en cause le concept de coévolution ? Il arrive, en effet, qu'en forêt tropicale humide, principalement en fin de saison des pluies, c'est-à-dire en période de pénurie alimentaire, il n'y ait plus de fruits. Ainsi, les animaux frugivores se reconvertissent en consommateurs de fleurs ou de feuilles. Cela ne semble toucher que quelques catégories de frugivores (CHARLES-DOMINIQUE, 1992). En se référant à

l'ensemble des forêts tropicales humides, toutes les situations doivent pouvoir se trouver. Ainsi, il est probable que la notion d'espèce-clé ou de ressource-clé soit une réalité dans de nombreux cas : lorsque la production des ressources alimentaires de base (fruits pour les frugivores) est pratiquement nulle, la production de graines, de fleurs ou de nectar, etc. par une seule espèce végétale permet le maintien d'une population animale (ou de plusieurs). Ainsi, un *Ficus* peut être une ressource unique en période de pénurie pour une population de chauves-souris : elle est donc bien une ressource-clé. Dans une forêt tropicale, existent plusieurs espèces-clés qui chacune permettent à une ou à plusieurs populations animales de subsister. Par conséquent, toutes ces espèces-clés – en évitant que disparaissent les populations animales de plusieurs espèces (elles-mêmes conditionnant l'existence d'autres espèces : prédateurs, etc.) – permettent le maintien de la biodiversité globale des forêts tropicales humides.

### LA BIODIVERSITÉ EST PARTOUT PRÉSENTE

Même dans un environnement uniforme, la dynamique interne de l'écosystème crée une hétérogénéité qui peut être perçue à différentes échelles. Par exemple, la forêt tropicale humide de Guyane, qui paraît homogène, n'est en réalité qu'une mosaïque plus ou moins complexe d'éléments du système : chablis, arbres du présent, d'avenir ou du passé, phases dynamiques, à différents stades de maturité, phases homéostatiques, abattis,

tous éléments qui créent des niches écologiques et un morcellement source de biodiversité (photo 3). Cette hétérogénéité peut aussi être perçue à une autre échelle où les écosystèmes, non juxtaposés en zones, s'interpénètrent (forêt dense, forêt claire, forêt inondée, forêt secondaire...), créant une diversité des milieux, et donc sont source potentielle de biodiversité spécifique voire génétique.

Au sein d'une population monospécifique, il peut même arriver qu'un individu prenne le pas sur les autres et engendre, au sein de la population, des développements asynchrones. Ce phénomène, génétique ou non, se rencontre plus particulièrement chez les espèces grégaires (animales ou végétales). Un seul individu peut engendrer une hétérogénéité dans le milieu, par sa seule présence, liée à la satisfaction de ses besoins vitaux et aux effets secondaires induits. Il fournit une gamme de ressources qui est subitement modifiée à sa mort et l'hétérogénéité est alors encore accrue. L'homme peut lui-même être un facteur de différenciation par les degrés variés d'anthropisation. Il peut donc, dans certaines limites, tant que les conditions originelles sont partiellement préservées, augmenter localement la diversité du milieu.

La faible densité des individus de chaque espèce serait une des conditions déterminantes du grand nombre d'espèces dans les forêts tropicales humides. La rareté des espèces serait un des facteurs-clés de l'organisation des forêts tropicales, associée à des caractéristiques complexes, comme des adaptations anti-prédateurs (chez les plantes comme chez les animaux) ou des struc-

tures sociales élaborées, notamment chez les vertébrés, caractéristiques qui permettent à ces populations de subsister. JULLIEN et THIOLLAY (1998) ont montré, en Guyane française, que ces tendances seraient particulièrement évoluées et marquées dans les sous-bois des forêts tropicales humides. Dans le sous-bois de la forêt guyanaise, des oiseaux insectivores constituent des groupements plurispécifiques, particulièrement intéressants sur le plan fonctionnel. Selon ces auteurs, deux ensembles d'espèces existent :

- le premier est défini par deux espèces d'oiseaux qui chassent exclusivement à l'affût et se nourrissent de proies détectées à distance ;
- le second est représenté par neuf autres espèces qui chassent activement des proies cachées.

Ces différences de stratégie conditionnent toute l'organisation de ce groupement plurispécifique. Les espèces du premier groupe sont qualifiées de « leader », car elles sont responsables de 87,5 % des cris d'alarme indiquant la présence proche de prédateurs (rapaces ou serpents). Elle s'opposent aux espèces du second groupe, appelées « suiveuses » car chez elles peu de comportements de défense anti-prédateurs ont été remarqués. Ces deux groupes d'espèces trouvent un bénéfique réciproque à leur association. En effet, les « leaders », en se regroupant avec les espèces suiveuses, bénéficient des proies dérangées par celles-ci lors de leur chasse et elles peuvent aussi intercepter les proies des suiveuses lorsque celles-ci sont « paralysées » par de faux cris d'alarme

(20 fois plus fréquents que les vrais). Elles diminuent également leur probabilité individuelle d'être victimes des prédateurs. Inversement, grâce aux cris d'alarme des leaders, les espèces suiveuses bénéficient essentiellement d'avantages anti-prédateurs (protection). Ces groupes présentent également une pérennité remarquable, essentielle pour comprendre l'organisation et la dynamique de ces rassemblements.

### INFLUENCE SUR LE FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES

L'une des grandes questions est de savoir si la biodiversité affecte le fonctionnement des écosystèmes. Deux hypothèses contradictoires ont été avancées à ce sujet. La première stipule que chaque espèce apporterait une contribution unique aux processus fonctionnels de l'écosystème et donc que sa disparition perturbe son fonctionnement. À l'autre extrême, la seconde hypothèse souligne que les espèces appartenant à un même « groupe fonctionnel » sont redondantes en ayant un effet identique sur les processus écosystémiques. En fait, les réponses des processus fonctionnels à un gradient de biodiversité sont très variables d'un site à un autre. Il est permis de penser que les deux hypothèses peuvent, selon les cas et les espèces, être tour à tour valables. Ainsi, une espèce-clé de la canopée est certainement indispensable au maintien de la population qui dépend d'elle. Sa disparition peut entraîner celle d'une autre population. Au contraire, une espèce appartenant à un « groupe fonctionnel

pionnier » au sein d'un chablis peut très probablement être remplacée par une autre du même groupe, sans remettre en cause le processus de régénération de la forêt dans le chablis. Mais ce n'est pas simple, car la compétition entre organismes de groupes fonctionnels différents peut être plus faible qu'entre espèces d'un même groupe fonctionnel. Le nombre de groupes fonctionnels coexistant dans un même écosystème dépend d'une combinaison de facteurs qui incluent l'hétérogénéité spatiale, la disponibilité temporelle des ressources, l'histoire géologique, l'évolution et enfin les interventions de l'homme.

#### Photo 4

Fragmentation forestière dans l'État de Chiapas (Municipio Salto de Agua), sud du Mexique.

*Fragmentación forestal en el Estado de Chiapas (municipio de Salto de Agua), sur de México.*

## LA DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE : L'EXEMPLE DU MEXIQUE

Cette partie s'appuie sur le cas du Mexique, pays extrêmement intéressant du point de vue de la biodiversité, qui atteint un très haut degré de richesse spécifique et d'endémisme (photo 1). Plusieurs facteurs entrent en jeu : l'histoire géologique, les phénomènes volcaniques, la topographie, l'exposition, les climats et la position latitudinale en Més-Amérique, zone de transition entre les régions tempérées, au nord, et les régions tropicales, au sud. De plus, une part non négligeable de la flore tropicale mexicaine présente des affinités avec celle des Caraïbes, d'Afrique et d'Asie (PUIG, 1991 ; RZEDOWSKI, 1992). RZEDOWSKI (1992) signale que le Mexique se caractérise par un très haut degré d'endémisme des plantes à fleurs puisque presque



une espèce sur deux est endémique (*ibid.*), conséquence tant de l'ancienneté de la flore que de la diversité des habitats qui permet un relatif isolement écologique. Pour l'ensemble du Mexique, le nombre de plantes vasculaires serait de 22 800 espèces (*ibid.*). Les forêts tropicales humides (*bosque tropical perennifolio*) représentent un peu plus de 5 % de la couverture végétale du pays et environ 5 000 espèces, soit près de 27 % des espèces. Il faut cependant souligner que le niveau d'endémisme spécifique des végétaux dans les forêts tropicales humides est, sans doute, un des plus bas pour l'ensemble des types de végétation du Mexique, puisque 5 % des espèces seulement sont endémiques.

Comme la flore, la faune mexicaine est une des plus riches du monde. À titre d'exemple, selon FLORES VILLELA et GEREZ (1994), les États-Unis et le Canada totalisent ensemble 2 949 espèces de vertébrés tandis que le

Mexique en possède 3 032. WILLIAMS LINERA *et al.*, in HALFFTER (1992), estiment que le Mexique occupe la troisième place des pays à plus haute diversité biologique animale, la première place pour la richesse en reptiles (717 espèces), la deuxième pour les mammifères (439 espèces) et la quatrième pour les amphibiens (282 espèces). S'y ajoutent 961 espèces d'oiseaux. Selon ces auteurs, 32 % de la faune mexicaine est endémique de ce pays et 52 % endémique du Mexique et de la Méso-Amérique. Bien que l'ensemble du Mexique soit riche en espèces endémiques de vertébrés (entre 10,4 et 58,9 %, d'après FLORES VILLELA et GEREZ, 1994), comme pour la flore, le pourcentage d'espèces de vertébrés endémiques des forêts tropicales humides est relativement peu important au Mexique.

Il n'existe pas d'estimations globales disponibles concernant les invertébrés. Selon LLORENTE (1990), le nombre d'espèces d'insectes se situerait aux environs de 120 000, dont 12 % d'endémiques. TOLEDO (1988) évalue le nombre d'espèces de papillons à

2 500. Les fourmis constituent l'un des groupes les plus abondants dans les écosystèmes terrestres et, avec les termites, l'un des plus importants dans les forêts tropicales humides où ils jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement de cet écosystème, notamment à travers les interactions avec les plantes. Malheureusement, les fourmis sont un des groupes les moins connus du Mexique.

Les forêts tropicales humides du Mexique sont localisées dans le sud du pays, principalement dans les États de Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Veracruz et Oaxaca. Selon RZEDOWSKI (1992), les régions de plus forte concentration d'espèces sont celles de Oaxaca et de Chiapas. RZEDOWSKI estime que 10 % de la superficie du Mexique était couverte par ce type de forêt. Actuellement, les forêts tropicales humides ne recouvrent plus qu'un peu plus de 5 % (SAHOP, in FLORES VILLELA et GEREZ, 1994). Selon VOVIDES et GOMEZ POMPA in FLORES VILLELA et GEREZ (1994), il s'agit d'un des écosystèmes mexicains les plus menacés (photo 3).

**Tableau II**

Taux de déforestation de quelques types de végétation au Mexique (d'après MAS, 1998).

Auteurs	Région	Type de végétation	Taux de déforestation (%/an)	Période
CARO, 1990	Michoacan	tempéré	1,5	—
CORTEZ ORTIZ, 1990	Chiapas	tropical sempervirent	4,5	1980-1988
CUARON, 1991	Sureste Mexico	tropical sempervirent	7,7	1974-1986
DE ITA <i>et al.</i> , 1991	Jalisco	tropical décidu	3,8	1982
DIRZO, GARCIA, 1994	Veracruz	tropical sempervirent	4,3	1976-1986
MAS <i>et al.</i> , 1996	Veracruz, Pue	tropical	8,7	1982-1992
MAS <i>et al.</i> , 1996	Oaxaca	tempéré	10,4	1982-1992
MAS, 1997	Campeche	tropical	4,5	1978-1980
MAS, 1997	Campeche	mangroves	3,3	1992
SORAMI, ALVAREZ, 1996	Campeche	tropical et mangroves	6,4	1980-1993

Le faible taux d'endémisme floristique spécifique, cité plus haut, pour ces forêts semble lié aux étroites relations floristiques qu'elles ont avec l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud. WENDT (1993) a étudié la composition, les affinités floristiques et les origines des arbres de la canopée des forêts tropicales humides atlantiques du Mexique. Selon cet auteur, les familles les plus riches en espèces sont : Leguminosae, Moraceae, Lauraceae, Sapotaceae et Rubiaceae. Analysant 452 espèces d'arbres d'affinités tropicales, WENDT (*op. cit.*) estime que 9,6 % de ces arbres sont endémiques du Mexique. Une nouvelle famille endémique, les Lacandoniaceae, a été récemment décrite (MARTINEZ, RAMOS, 1989) dans la Selva Lacandona.

Les forêts tropicales humides recouvrent 32,2 % de la surface de l'État de Chiapas (SAHOP, *in* FLORES VILLELA, GEREZ, 1994), soit près de 24 000 km<sup>2</sup>. C'est dans cet État que les forêts tropicales humides sont encore les plus étendues avec notamment la Selva Lacandona et la Selva del Ocote. C'est aussi un des États de plus grande richesse spécifique. BREEDLOVE (1986) cite 8 248 espèces de plantes vasculaires\*. TOLEDO *in* PRANCE (1982) signale deux régions de forêts tropicales humides du Chiapas où l'endémisme à distribution réduite est élevé :

- la Selva Lacandona, dans le nord-est ;
- le bassin du Soconusco, dans le sud-est.

La flore vasculaire y est menacée à divers degrés : une espèce a déjà disparu (*Valeriana robertianifolia* Brig.), neuf espèces sont en danger d'extinction, 33 sont insuffisamment connues (des orchidées épiphytes principalement), 15 sont vulnérables, 17 sont rares (d'après Appendice E *in* FLORES VILLELA, GEREZ, 1994). En ce qui concerne les vertébrés, le Chiapas possède 550 espèces endémiques de Méso-Amérique et 80 espèces endémiques du Mexique et les forêts tropicales humides en contiennent 186 espèces (FLORES VILLELA, GEREZ, 1994).

Le rôle de refuge joué par les montagnes mexicaines (Sierras Madres orientale, occidentale et du Sud) durant les dernières glaciations est incontestable. Elles ont servi de refuge ou de voies de migration à de nombreux taxa. Certains ont disparu avec les changements climatiques successifs, mais beaucoup ont subsisté malgré ces changements.

Ces adaptations et la cohabitation de flores de différentes origines (PUIG, 1991 ; RZEDOWSKI, 1992) jointes à la très grande diversité des biotopes expliquent, au moins en partie, la richesse floristique du Mexique. Malheureusement, nous allons voir que la déforestation semble réduire chaque jour davantage cette biodiversité.

**Tableau III**

Estimations des surfaces déforestées annuellement au Mexique (d'après MAS, 1998).

## DÉFORESTATION ET BIODIVERSITÉ

Au Mexique, comme ailleurs, les taux de déforestation sont très variables d'un État à l'autre et d'un type de végétation à l'autre. Les données sur la déforestation varient également beaucoup d'un auteur à l'autre pour différentes raisons : il n'existe pas de surveillance périodique rationnelle ou systématique, pas d'année de référence, pas de consensus sur une classification unique des types de végétation. Il est aussi difficile de distinguer la déforestation de la dégradation forestière. Pour le Mexique, le tableau II indique les grandes variations dans les taux de déforestation selon les auteurs et les périodes.

### DES SURFACES ÉNORMES DÉFORESTÉES

Le tableau III donne les estimations des surfaces déforestées annuellement au Mexique. On constate d'énormes variations (de 1 à 4,5) dans ces estimations

Auteurs	Surfaces déforestées (ha/an)
CASTILLO <i>et al.</i> , 1989	746 000
Fao, 1988	615 000
Fao, 1995	678 000
Fao, 1997	508 000
GRAINGER, 1984	1 600 000
MASERA <i>et al.</i> , 1992	668 000
MYERS, 1989	700 000
REPETTO, 1988	460 000
SARH, 1992	365 000
SARH, 1994	370 000
TOLEDO, 1989	1 500 000

\* Les données qui suivent pour le Chiapas sont globales et ne concernent donc pas seulement les forêts tropicales humides, mais tous les types de végétation de cet État.

selon qu'elles sont proposées par des organismes gouvernementaux, qui semblent les minorer, ou par des écologues. Même en prenant une valeur moyenne dans ce tableau (800 000 ha/an), ce sont d'immenses surfaces qui sont déforestées chaque année au Mexique.

### DES PERTES D'ESPÈCES DIFFICILES À ÉVALUER

Malgré les grandes différences de taux ou de surfaces déforestées annuellement au Mexique, en fonction des auteurs et des méthodes, on ne peut qu'admettre la réduction drastique de tous les types de végétation. En ce qui concerne les forêts tropicales humides du sud du Mexique, avec un taux de déforestation de 4,3 % (DIRZO, GARCÍA, 1994), elles auront disparu dans environ 25 ans. S'il est difficile d'évaluer les valeurs exactes des taux de déforestation, il est encore plus difficile d'estimer les pertes de biodiversité liées à la déforestation. Il faut déjà définir

et mesurer précisément la biodiversité, qui peut être simplement la richesse spécifique (diversité  $\alpha$ ), l'hétérogénéité au sein d'un écosystème (biodiversité  $\beta$ ) ou l'hétérogénéité au plan géographique (biodiversité  $\gamma$ ). Divers indices permettent de les mesurer (HALFFTER-EZCURRA, *in* HALFFTER, 1992). Évaluer la perte de biodiversité est plus complexe, bien qu'il existe aussi des méthodes d'approche de cette mesure (SIMBERLOFF ; HEYWOOD, STUART, *in* WHITMORE, SAYER, 1992). Ces évaluations sont matière à spéculations et à débats. La distribution de la richesse spécifique des forêts tropicales est irrégulière mais surtout peu connue : les relevés floristiques sont peu nombreux et peu représentatifs de l'ensemble des forêts tropicales. Nous avons souligné, plus haut, la méconnaissance des flores tropicales, notamment néotropicale et malaysienne. La diversité des invertébrés tropicaux est encore bien moins connue. Malgré ces insuffisances, le tableau IV présente les estimations générales des taux d'extinction d'espèces

connues, d'après plusieurs auteurs, pour les forêts tropicales humides. Ces estimations, quoique générales, sont dramatiquement élevées. Elles sont de 0,5 à 1 % par an pour les zones tropicales. Selon WHITMORE, SAYER (1992), ce taux est de 0,63 % pour les forêts tropicales humides. Ce taux moyen semble transposable aux forêts tropicales humides du sud du Mexique.

La fragmentation forestière permet la persistance de quelques espèces, indépendamment des pertes d'espèces que l'on peut prévoir par les simples corrélations de la courbe aire-espèces. Il n'existe pas de modèle satisfaisant permettant de prédire les pertes d'espèces liées à la fragmentation forestière. Des études empiriques sur divers types de fragmentation suggèrent que les effets sur les pertes de biodiversité peuvent être supérieurs à ce que l'on pensait (SIMBERLOFF, *in* WHITMORE, SAYER, 1992). De même, il est difficile de prévoir le temps qu'une espèce mettra pour disparaître. La fragmentation forestière a des répercussions importantes sur la biodiversité, mais les résultats expérimentaux sont encore trop peu nombreux. Au Chiapas, des relevés de terrain (PUIG, MAS et LAUGA, 1997, non publié) ont montré que, dans des forêts fragmentées (photo 4), les jeunes forêts secondaires diffèrent des forêts plus anciennes, non seulement par les caractères structuraux (diamètre, hauteur) mais aussi par un nombre d'espèces inférieur.

Nous avons vu plus haut que, au rythme actuel de déforestation, dans moins de 25 ans, il n'existerait plus de forêts tropicales humides au Mexique. Cela

**Tableau IV**

Estimation des taux d'extinction d'espèces (d'après REID, *in* WHITMORE, SAYER 1992).

Estimation des extinctions d'espèces	Pertes sur 10 ans (%)	Auteurs
1 million entre 1975 et 2000	4	MYERS, 1979
15 à 20 % entre 1980 et 2000	8-11	LOVEJOY, 1980
12 % des plantes néotropicales	–	SIMBERLOFF, 1986
15 % des oiseaux en Amazonie	–	SIMBERLOFF, 1986
2 000 plantes tropicales par an	8	RAVEN, 1987
25 % entre 1985 et 2015	9	RAVEN, 1988
0,2 à 0,3 % par an	2-3	WILSON, 1988, 1989
2 à 3 % entre 1990 et 2015	1 à 5	REID, 1992

ne signifie pas que les 5 000 espèces actuellement présentes dans ces forêts auront disparu. En effet, beaucoup d'entre elles se rencontrent aussi dans d'autres types de végétation et il n'y a que 5 % d'endémiques dans les forêts tropicales humides. Ainsi, sur cette base, disparaîtraient environ 250 espèces, mais beaucoup d'autres seraient très menacées.

La régression de la biodiversité est telle que l'on en arrive à des cas extrêmes. Ainsi, à Madagascar, Du PUY et LABAT (1997) ont décrit un nouveau genre endémique de cette île, *Peltiera*, à partir des échantillons d'herbier de deux espèces qui ont disparu. Ceci est probablement le premier cas d'un genre moderne décrit après avoir disparu de la surface du globe ! À Madagascar, de nombreuses autres espèces peuvent être considérées comme éteintes.

## CONCLUSION

Après avoir essayé de montrer la complexité et la fragilité des mécanismes qui permettent le maintien de la diversité spécifique dans les forêts tropicales humides, l'évaluation qui a été faite de la régression des surfaces occupées par les forêts tropicales dans le sud du Mexique met en évidence, par là même, les risques de diminution de la diversité spécifique dans cet écosystème. Enfin, il a été souligné que l'augmentation de la déforestation, non seulement dans le sud du Mexique, mais aussi dans l'en-

semble des forêts tropicales du monde, aboutissait à un taux d'extinction d'espèces très élevé, contribuant à l'appauvrissement de la diversité du vivant. Faut-il laisser se détériorer ce patrimoine génétique dont les potentialités sur le plan des industries agro-alimentaires ou pharmaceutiques — pour ne citer que ces deux exemples — sont encore largement inexploitées ? Non, bien évidemment !

Il est donc nécessaire de se donner les moyens de maintenir l'actuelle biodiversité. À mon sens, deux actions devraient aider à y parvenir. D'abord, devant de tels risques, la conservation des forêts tropicales humides et des potentialités qu'elles recèlent devrait être une des priorités des années à venir, tant pour les chercheurs que pour les politiques. Les conséquences socio-économiques pourraient en être considérables. Depuis un peu plus de cent ans, les différents types de zones naturelles protégées ont eu des origines et des objectifs différents. Les parcs nationaux ont été créés, sans doute pour la protection de la nature, mais surtout pour que le public puisse s'y promener et en jouir. Ces dernières décennies, des efforts internationaux ont été réalisés tels ceux des programmes Mab-Unesco, avec les réserves de la Biosphère, et ceux de l'Uicn afin de créer, dans chaque pays, des réserves naturelles réellement protégées. Ces efforts sont encore largement insuffisants, notamment en ce qui concerne les forêts tropicales humides. Malgré les échecs de certaines tentatives, la création de nouvelles réserves protégées dans des forêts tropicales humides devrait être un objectif prioritaire des politiques nationales et

internationales de conservation de la biodiversité. De nouvelles orientations peuvent être recherchées. Ainsi, dans certains pays, on s'oriente vers une politique de conservation au sein des forêts de production. Cette nouvelle voie ne peut qu'être complémentaire des précédentes.

Enfin, en même temps que la conservation des forêts tropicales, un autre objectif que devrait se fixer la communauté scientifique nationale et internationale est le développement des recherches sur la biodiversité. De ce point de vue, les axes thématiques du programme Diversitas-France, composante française du programme international Diversitas, mis en place par le Scope, l'IUBS et l'Unesco, répondent à la nécessité d'accroître nos connaissances dans le domaine de la biodiversité. L'origine, le maintien et l'érosion de la biodiversité, le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes, ses usages, l'inventaire, la classification et le suivi de la biodiversité, la conservation, la restauration et l'utilisation durable de la biodiversité en sont les principales orientations de recherche. Il faut espérer que les moyens en matériel et en personnel proposés pour le programme Diversitas-France seront à la hauteur des enjeux.

## PRINCIPALES RÉFÉRENCES

- ANDERSON E., STEBBINS G.L., 1954. Hybridization of the habitat. *Evolution* 2 : 1-9.
- BLANC P., 1997. La biodiversité tropicale mémoire des changements du passé. *Lettre PIGB-PMRC* 6 : 30-38.
- BREEDLOVE L.E., 1986. Listado florístico de Mexico. IV Flora de Chiapas. Mexico, Mexique, Instituto de Biología, UNAM, 149 p.
- CHARLES-DOMINIQUE P., 1995. Interactions plantes-animales frugivores, conséquences sur la dissémination des graines et la régénération forestière. *Rev. Ecol.* 50 : 223-235.
- CONNEL J.E., ORIAS J., 1964. The ecological regulation of species diversity. *Am. Nat.* 98 : 399-414.
- DIRZO R., GARCIA M.C., 1992. Rates of deforestation in los Tuxtlas, a neotropical area in southeast of Mexico. *Conservation Biology* 6 (1) : 84-90.
- FLORES VILLELA O., GEREZ P., 1994. Biodiversidad y conservación en México : vertebrados, vegetación y uso del suelo. México, Mexique, Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad, 439 p.
- HAFFER J., 1982. General aspects of refuges theory. *In* : Biological diversification in the tropics. Prance G.T. (ed.), New York, États-Unis, Columbia University Press, 2-24.
- HALFFTER G., 1992. La Diversidad Biologica de Iberoamerica. G. Halffter (ed.), Mexico, Mexique, CYTED-D, 389 p.
- HEYWOOD V.H., STUART S.N., 1992. Species extinction in tropical forest. *In* : Tropical deforestation and species extinction. Withmore T., Sayer J. (ed.), Chapman & Hall, 94-118.
- JULLIEN M., THIOLLAY J.-M., 1998. Multi-species territoriality and dynamic of neotropical understory bird flocks. *Journal of Animal Ecology* 67 : 227-252.
- LLORENTE J., 1990. Taxonomia de insectos in Mexico. *ICYT* 12 (164) : 33-37.
- LUGO A.-E., 1988. Diversity of tropical species. Questions that elude answers. *Biology International*, n° 19, 37 p.
- MARTINEZ E., RAMOS C.H., 1989. Lacandoniaceae (Triuridales) : una nueva familia de Mexico. *Ann. Mo. Bota. Gard.* 11 : 115-152.
- MAS J.-F., 1998. Suivi et analyse de la déforestation par télédétection multitempore et utilisation d'un système d'information géographique : le cas du sud-est du Mexique. Thèse de l'Université Paul-Sabatier, Toulouse, France, 204 p.
- PONCY O., LABAT J.-N., 1995. État actuel de l'inventaire des flores tropicales. *Biosystema* 13 : 23-50.
- PUIG H., 1991. Vegetacion de la Huasteca : estudio ecologico y fitogeografico. Éditions Cemca et Orstom, 625 p.
- PRANCE G.T., 1982. Biological Diversification in the tropics. New York, États-Unis, Columbia University Press, 714 p.
- RZEDOWSKI J., 1992. Diversidad y origenes de la flora fanerogámica de México. *In* : La diversidad biológica de Iberoamerica. G. Halffter (ed.), Mexico, Mexique, CYTED-D, 313-335.
- SEPKOSKI J.J., RAUP D.M., 1986. Periodicity in main extinction events. *In* : Dynamics of extinction. Elliott D.K. (ed.), New York, États-Unis, John Wiley, 3-36.
- STEBBINS G.L., 1974. Flowering plants, evolution above species level. Cambridge, Massachusetts, Belknap Press of Harvard University Press, 399 p.
- TOLEDO V., 1988. La diversidad biológica de Mexico. *Ciencia y Desarrollo* 81 : 17-30.
- WEND T., 1993. Composition, floristic affinities and origins of the canopy tree flora of the Mexican Atlantic slope rain forests. *In* : Biological diversity of Mexico : origins and distribution. Ramamoorthy T.P. et al. (ed.), New York, Oxford Univ. Press, 22 : 595-680.
- WILSON E.O., 1992. La diversité de la vie. Paris, France, Odile Jacob (ed.), 496 p.
- WITHMORE T., SAYER J., 1992. Tropical deforestation and species extinction. Chapman & Hall, 153 p.

## SINOPSIS

### DIVERSIDAD ESPECÍFICA Y DEFORESTACIÓN: EL EJEMPLO DE LOS BOSQUES TROPICALES HÚMEDOS DE MÉXICO

HENRI PUIG

#### La creciente degradación

de los paisajes tropicales y la erosión de su biodiversidad constituyen uno de los problemas medioambientales más importantes. La biodiversidad es primordial, tanto para los científicos como para las sociedades humanas en general, al ser fuente de alimentación, de producción de medicamentos y de diversos materiales. Los bosques tropicales húmedos son ecosistemas complejos; contienen la mayor diversidad específica conocida y albergan numerosas especies aún desconocidas. Estos bosques poseen más de la mitad de las especies animales y vegetales del planeta: el 80 % de los insectos, 84 % de los reptiles, 91 % de los anfibios y el 90 % de los primates. El ejemplo de los bosques del sur de México permite analizar las consecuencias de la deforestación en la desaparición de las especies.

#### LOS FACTORES DE BIODIVERSIDAD

Si la latitud y el clima son factores ecológicos esenciales que favorecen la biodiversidad, hay otros factores importantes: los procesos históricos, acontecimientos excepcionales (incendios, huracanes...) y las perturbaciones extremas.

Para algunos autores, la alta biodiversidad de los bosques tropicales sería debida a unas características del medio óptimas para la evolución y mínimas para la extinción de especies. Para otros autores, sería la consecuencia de evoluciones de las especies simpátricas o alopátricas o de ambas alternativamente. La importancia de la competición y de otras acciones bióticas, como las fuerzas adaptativas de la evolución, son a veces subestimadas al igual que las posibilidades de mutación.

En los bosques tropicales uno de los factores esenciales de la heterogeneidad forestal es la acción de los animales frugívoros que realizan una gran

parte de la diseminación de las semillas. Una serie de combinaciones múltiples orientan el crecimiento de los vegetales y contribuyen a la formación de un mosaico en continua renovación y al mantenimiento de la biodiversidad. Incluso dentro de un medio uniforme, la dinámica interna del ecosistema crea una heterogeneidad que puede ser percibida en diferentes escalas. En realidad, el bosque tropical es un mosaico complejo y frágil.

La rareza de las especies sería uno de los factores clave de la organización de los bosques tropicales asociada a características complejas como adaptaciones antipredadores o estructuras sociales elaboradas. ¿Afecta la biodiversidad al funcionamiento de los ecosistemas? Se han propuesto dos hipótesis contradictorias. La primera precisa que cada especie aportaría una contribución única a los procesos funcionales del ecosistema, por lo que su desaparición perturbaría su funcionamiento. En el otro extremo, la segunda hipótesis resalta que las especies que pertenecen a un mismo "grupo funcional" son redundantes y tienen un efecto idéntico en los procesos ecosistémicos. De hecho, las dos hipótesis pueden ser válidas según los casos y las especies a las que se apliquen.

#### BOSQUES TROPICALES MEXICANOS

El ejemplo de México, en donde la riqueza específica y el endemismo son muy altos, ilustra los peligros vinculados a la deforestación.

Los bosques tropicales húmedos están en el sur del país y representan un 5 % de su superficie. Es uno de los ecosistemas mexicanos más amenazados. Los bosques cubren el 32,2 % de la superficie del Estado de Chiapas. En dicho Estado, los bosques tropicales húmedos son los más extensos destacando la Selva Lacandona y la Selva del Ocote. También es uno de los estados que presenta la mayor riqueza específica. Sin embargo, la flora vascular se halla amenazada con distinta intensidad: una especie ya ha desaparecido (*Valeriana robertianifolia* Brig.), nueve especies están amenazadas de extinción y otras son vulnerables y raras.

En México, al igual que en otros sitios, el índice de deforestación varía mucho de un estado a otro y de un tipo de vegetación a otro. Pero aunque se tomen sólo los valores medios (800 000 ha/año), son enormes las superficies deforestadas cada año. Los bosques tropicales de México, con un índice de deforestación del 4,3 % anual, habrán desaparecido dentro de veinticinco años. Si es difícil evaluar los valores exactos de los índices de deforestación, las pérdidas de biodiversidad ligadas a este fenómeno son aún más difíciles de estimar y sus evaluaciones son materia de debates. Estas estimaciones, aunque generales, son terriblemente elevadas y van del 0,5 % al 1 % por año en las zonas tropicales. Este índice medio parece que podría aplicarse a los bosques húmedos del sur de México.

La fragmentación forestal permite la persistencia de algunas especies, con independencia de las pérdidas de especies que se pueden prever mediante simples correlaciones de la curva área-especies. Dicha fragmentación tiene importantes repercusiones en la biodiversidad, pero los resultados experimentales concretos son todavía escasos. En los bosques fragmentados chiapanecas, los registros de campo muestran que los bosques jóvenes secundarios difieren de los bosques más antiguos, no sólo por las características estructurales (diámetro, altura) sino también por el número inferior de especies. El actual ritmo de deforestación en México no significa que las 5 000 especies que actualmente encontramos en estos bosques tropicales vayan a desaparecer. En efecto, muchas de estas especies están también presentes en otros tipos de vegetación y sólo hay un 5 % de endemismos en los bosques tropicales húmedos. Basándonos en esto último, unas 250 especies desaparecerían pero muchas otras estarían en grave peligro.