

Evolution des plantes et des animaux sur l'île de  
**Madagascar**

Guide de l'éducateur



Fundación **Yelcho**

Working at the roots





01. La biodiversité et l'évolution	Pages 2/3
02. Une île unique	Pages 4/5
03. Études de cas	Pages 6/7
04. Activités	Pages 8/9
05. Appendice	Pages 10/11
06. Glossaire	Page 12
07. Références	Page 13



Cette oeuvre est soumise à la licence Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage des Conditions Initiales 3.0 Creative Commons Unported. Pour voir une copie de cette licence, visite [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es\\_ES](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_ES).



Le but de ce tutoriel est de fournir un contenu de base sur l'histoire de l'évolution de la flore et la faune de Madagascar. Le guide est destiné aux enseignants et éducateurs et il est conçu comme un outil d'enseignement pour soutenir ceux qui veulent diffuser ces connaissances auprès des étudiants. Le contenu de ce guide ont été élaborés avec enthousiasme par un groupe de biologistes et anthropologues dédiés à l'enseignement et à la recherche. L'édition de ce document a été rendue possible grâce à l'appui de la Société Européenne de Biologie Évolutive.

Le guide est spécialement dédié aux enseignants qui s'efforcent chaque jour pour d'améliorer l'apprentissage des étudiants de Madagascar sur l'histoire évolutive exceptionnelle des espèces de l'île. Nous voulons que ce tutoriel soit un instrument particulièrement utile pour eux. Pour cette raison, nous aimerions améliorer et agrandir le guide avec des contributions. Nous vous demandons de nous aider à l'enrichir de vos idées, commentaires, critiques ou suggestions ([biodiversidad@fundacioyelcho.org](mailto:biodiversidad@fundacioyelcho.org)). Nous vous remercions de nous avoir fait confiance. Nous espérons que vous apprécierez l'enseignement de l'évolution!

**Auteurs:**

Alicia Donnellan<sup>1,2</sup>

Iris Gutiérrez<sup>1,3</sup>

Olga Mayoral<sup>1,3,4</sup>

Eduardo Barona<sup>1</sup>

Elena Carrió<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Fundación Yelcho - Parc Científic Universidad de Valencia, Paterna, España

<sup>2</sup>Institute for Applied Ecology - AUT University, Auckland, Nueva Zelanda

<sup>3</sup>Universidad de Valencia - Burjassot, España

<sup>4</sup>Universidad Politécnica de Valencia - Gandía, España





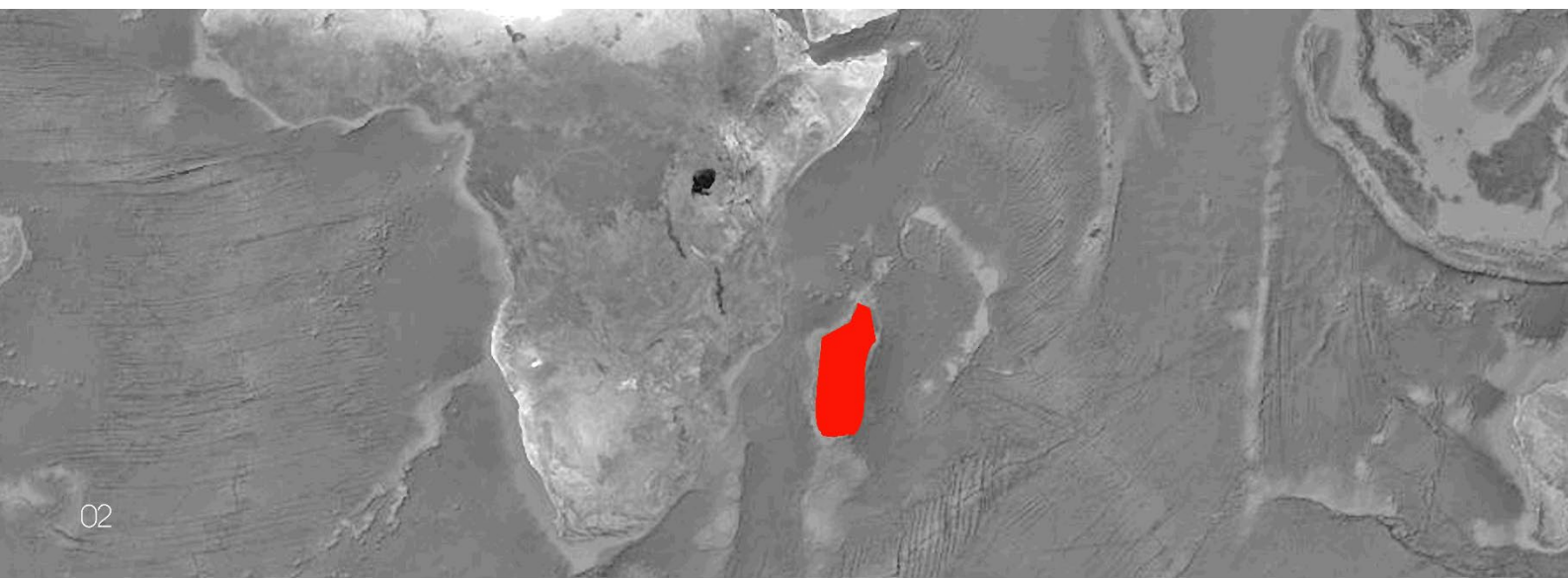
# 01 La biodiversité et l'évolution



## Aperçu de la biodiversité de Madagascar

Madagascar se caractérise par une histoire évolutive exceptionnelle. L'île a une grande diversité topographique et climatique et une grande variété de roches et sols. L'interaction entre ces facteurs a conduit à une flore et une faune uniques. La plupart des espèces de plantes et d'animaux sont endémiques. 100% des espèces indigènes d'amphibiens et de mammifères terrestres, 92% des reptiles, 44% des oiseaux, 74% des papillons et plus de 90% des espèces végétales sont uniques à Madagascar et ne se trouvent nulle part ailleurs sur la planète (Goodman & Benstead 2003; Krüger 2007; Buerki et al. 2013). Madagascar a non seulement un niveau élevé d'endémicité (ou un grand nombre d'espèces endémiques), mais ces groupes endémiques sont très anciens, ayant évolué à partir de leurs proches ancêtres y a des millions d'années (Crotini et al. 2012; Hoelt et al. 2013).

En comparaison avec d'autres îles, curieusement Madagascar n'est pas exceptionnellement riche en nombre d'espèces par unité de surface. La richesse en espèces de l'île est plus ou moins ce que l'on attend d'une île de ses dimensions (Myers et al. 2000). Alors, pourquoi est-il considéré comme un site prioritaire pour la conservation de la biodiversité? Le caractère unique de Madagascar est basé sur le grand nombre et la diversité des familles et genres de plantes et d'animaux, plus que le nombre total d'espèces. Cela signifie que, lignées anciennes ont divergé de leurs plus proches ancêtres il y a longtemps. Ultérieurement, l'évolution au sein de ces lignées a conduit à l'émergence d'un grand nombre d'espèces endémiques (Ceballos & Brown 1995; Barthlott et al 1996; Kreft et Jetz 2007). Ensuite, quels ont été les facteurs qui ont conduit à la singularité de l'évolution de l'île?





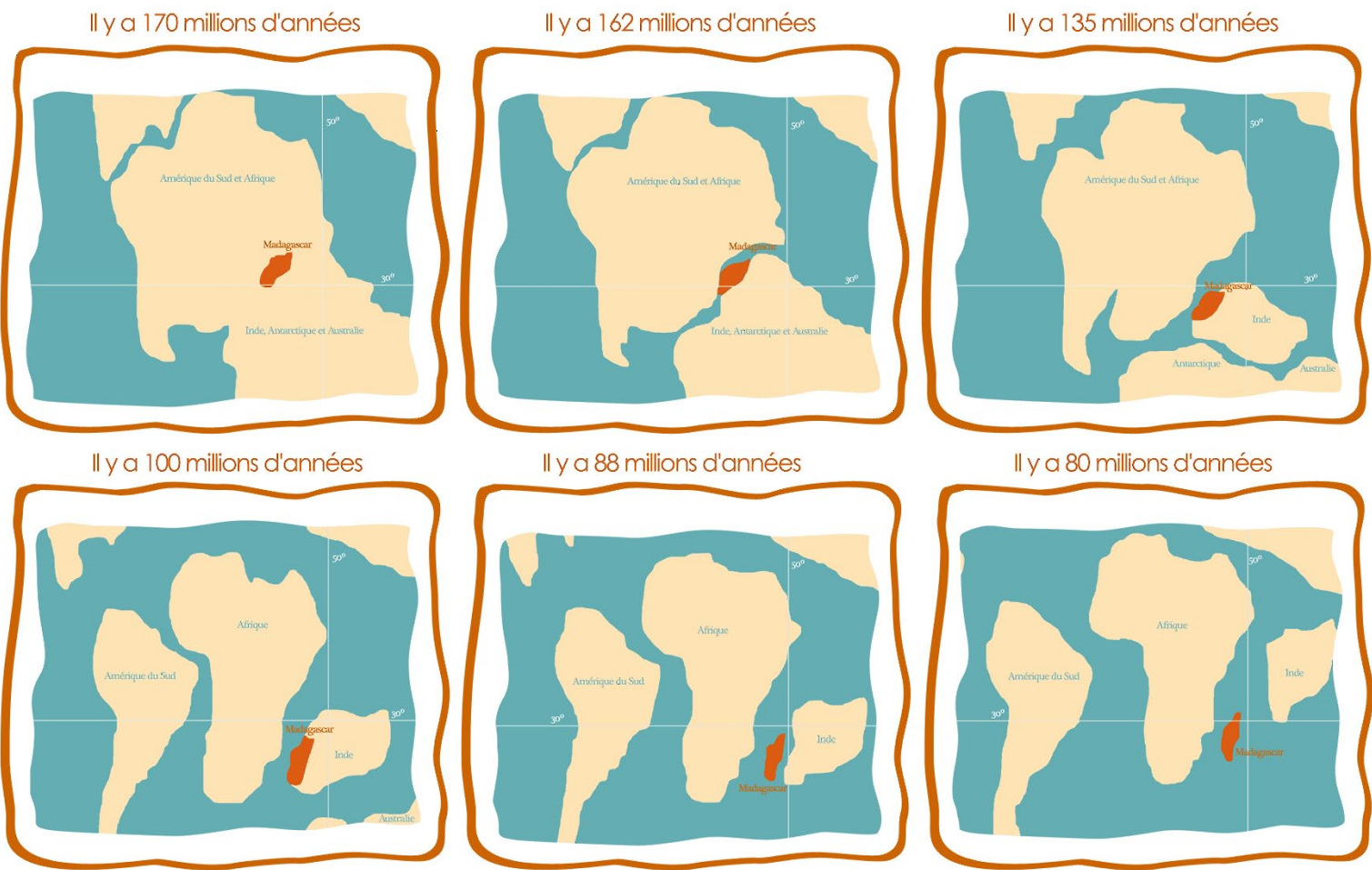


Figure 1. Séquence illustrant l'isolement de Madagascar  
 Source: Illustration modifiée de <http://evolution.berkeley.edu>

Ere	Période	Epoque	Début
Mésozoïque	Jurassique		201 millions d'années
	Crétacé		145 millions d'années
Cénozoïque	Paléogène	Paléocène	66 millions d'années
		Eocène	56 millions d'années
		Oligocène	34 millions d'années
	Néogène	Miocène	23 millions d'années
		Pliocène	5 millions d'années
	Quaternaire	Pléistocène	2.6 millions d'années
		Holocène	11.500 années

Figure 2. Échelle des temps géologiques

# 02 Une île unique



## Quatre clés pour comprendre le caractère unique de l'évolution de Madagascar



### Isolement

- Il y a plus de 250 millions d'années, tous les continents du monde ont été réunis en une masse unique appelée Pangée. Il y a 200 millions d'années ce supercontinent divisé en deux: la Laurasie au nord et le Gondwana au sud. Madagascar faisait partie du Gondwana (avec l'Amérique du Sud, Afrique, Australie, l'Inde et l'Antarctique) et a été enclavé dans le centre de ce supercontinent (Figure 1).

- Il y a environ 166 millions d'années, Gondwana a commencé à se décomposer en plusieurs fragments, qui ont été séparés les uns des autres lentement, pour se rendre à la place qu'ils occupent aujourd'hui. Au cours de ce processus, Madagascar et l'Inde étaient unis et séparés d'abord de l'Afrique et l'Amérique du Sud, et, après l'Australie et de l'Antarctique, et ont commencé à se déplacer vers le nord. Par la suite, Madagascar et l'Inde ont commencé à se séparer. Enfin, Madagascar est resté comme une île indépendante et isolée située dans sa position actuelle dans l'océan Indien il y a environ 88 millions d'années. Depuis lors l'île est restée isolée de toute autre masse terrestre (Figure 1).

- A l'époque où Madagascar s'est séparée de Gondwana, plupart des taxons terrestres qui sont maintenant sur l'île, n'avaient pas encore évolué ou ont été dans les premiers stades de son évolution (Ganzhorn et al. 2014).



### Extinction

- Il y a environ 65 millions d'années, un astéroïde géant a frappé la Terre. Cet événement a marqué une période d'extinction massive, la disparition des dinosaures et la transition du Crétacé au Tertiaire (Figure 2), appelée extinction K-T (O'Leary et al. 2013; Yoder 2013). Apparemment, l'événement K-T a éliminé nombreux éléments faunistiques et floristiques à Madagascar, de sorte que l'île a été appauvrie en nombre d'espèces (Ali et Krause 2011; Buerki et al. 2013; Ganzhorn et al. 2014).



## Colonisation

- Après l'extinction massive, l'île a été colonisée par des espèces animales provenant d'autres masses terrestres. En fait, la plupart des espèces d'animaux présentes à Madagascar ont évolué à partir des processus de colonisation après l'événement K-T, ce qui rend moins d'importance à l'évolution des espèces à partir du stock de Gondwana (Krause et al. 1997). Par exemple, aucune des grandes lignées de vertébrés endémiques qui sont actuellement sur l'île étaient présents dans le Crétacé (Figure 2), donc ils ont évolué ailleurs avant de coloniser Madagascar. En ce qui concerne les plantes, on pense également que beaucoup de genres endémiques sont apparues après l'événement K-T (Buerki et al. 2013).

- L'hypothèse la plus plausible suggère que la plupart des organismes ont colonisé Madagascar par la dispersion à travers le canal du Mozambique. La distance entre l'est du Mozambique et l'ouest de Madagascar était d'au moins 230 km, de la période du Crétacé. On croit que des îlots de végétation avec faune ont été libérés par les rivières (probablement à la suite des événements météorologiques), ont été jetés dans l'océan, et dispersés à Madagascar, favorisée par les courants océaniques de surface. Il y a 20 millions d'années il y eut un changement dans ces courants, ce qui a limité les chances de colonisation.

- Les processus de colonisation étaient hétérogènes pour les différents groupes taxonomiques. Par exemple, les reptiles et les amphibiens ont colonisé l'île à plusieurs reprises de façon indépendante. Quant à, les grands groupes de mammifères endémiques (lémuriens, tenrecs, les carnivores et les rongeurs) de Madagascar proviennent de quatre événements de colonisation réussis.

## Diversification

- Pour comprendre la diversité des espèces sur l'île après la colonisation, on devrait se concentrer sur la topographie et le climat (Encadré 1 et 2, page 10). L'île de Madagascar est divisée en deux moitiés, de façon asymétrique, sur toute sa longueur par une chaîne de montagnes longeant son axe longitudinal. Les interactions entre la topographie, les alizés et les changements de la mousson sont des phénomènes qui ont le plus d'influence sur le climat. L'humidité portée par les alizés se précipite sur les pentes orientales de la chaîne de montagnes, formant un gradient de précipitations à partir de l'est et nord-est tropical vers le sud-ouest semi-aride de l'île. Cela favorise un couvert dense de la forêt tropicale sur la côte est et dans les régions intérieures du nord et végétation plus sec à l'ouest et au sud de l'île. Le résultat de cette interaction entre la topographie et le climat explique différents types de milieux naturels (Encadré 3, page 11).

- Les animaux et les plantes se sont adaptées à des conditions et des ressources abiotiques qui fournissent l'île au cours des différentes saisons (Hemingway et Bynum 2005). Par exemple, dans la steppe du sud, il y a une variété de plantes succulentes comme euphorbes et aloès, avec des tiges et des racines épaissies. Ces formes de croissance reflètent des adaptations évolutives à la rareté de l'eau et se trouvent généralement dans les zones désertiques ou semi-désertiques.

- En conclusion, les différentes zones climatiques et de végétation de Madagascar ont joué un rôle important dans la spéciation et dans le façonnement de la biodiversité. L'évolution des espèces semble avoir été favorisée par l'hétérogénéité de l'environnement, où les populations d'espèces ont trouvé des conditions biotiques et abiotiques différentes (Ganzhorn et al. 2014). Au fil du temps, les populations ont su s'adapter aux conditions locales et évoluer dans différentes espèces. Dans ce processus, les barrières géographiques, comme les montagnes, pourraient aider à créer l'isolement entre les nouvelles espèces.



# 03 Études de cas



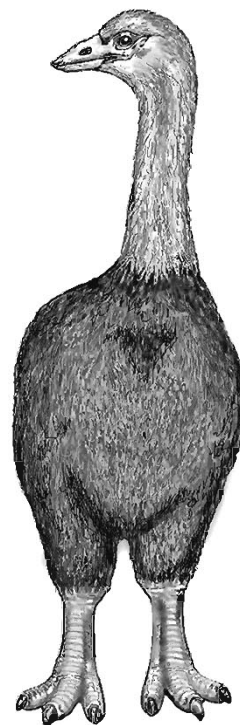
## Spéciation

La faune d'invertébrés de Madagascar montre un niveau élevé de la richesse en espèces. Spéciation s'est produite occasionnellement à la famille ou sous-famille, et très souvent à niveau de genre ou espèce. Il y a beaucoup de genres ayant entre 50 et 100 espèces endémiques de l'île, et même certains genres présentent 150 espèces. Dans de nombreux cas, le facteur le plus probable qui induit la spéciation a été l'isolement, géographique ou écologique (Goodman y Benstead 2003).

L'espèce de coléoptères *Pilades coquereli* fournit un bon exemple de diversification liée à des facteurs géographiques. L'espèce se trouve uniquement dans la partie nord-est de Madagascar et ses sous-espèces sont réparties comme suit: *P. c. coquereli* à Nosy Be et Nosy Komba; *P. c. amplipennis* à Nosy Berafia; *P. c. pauliani* à Nosy Mitsio, *P. c. camuset* dans la Montagne d'Ambre, et *P. c. gofiath* dans la Montagne des Français. Les trois premiers vivent en îles, évidemment isolées, tandis que le quatrième apparaît dans des pics isolés de la forêt tropicale, et le cinquième dans une forêt décidue aussi isolé. Dans tous les cas, la différenciation est le résultat de l'isolement physique et écologique (Goodman & Benstead 2003).

## Adaptation

Par rapport au continent africain, Madagascar a une absence notable des grands mammifères herbivores associés aux prairies et de forêts. Cependant, il y a quelques centaines d'années, il y avait de grands oiseaux incapables de voler que qui se nourrissent des parties comestibles de apparemment sur les parties aériennes des plantes. Cela expliquerait pourquoi Madagascar a plantes avec une croissance comme des arbustes de Nouvelle-Zélande, où les plantes soient défendus de le grand oiseau Moa grâce à une croissance très dense, ramifié et entrelacée avec de petites feuilles. On pense que cette fonction a évolué à Madagascar comme moyen de défense aux herbivores par l'oiseau-éléphant, aujourd'hui disparu.



Oiseau-éléphant (*Aepyornis*)







# 04 Activités



## Puzzle

L'objectif de cette activité est de familiariser les étudiants avec les principaux processus géologiques et biologiques qui ont conduit à la singularité de la flore et la faune de Madagascar. Cette activité doit être accompagnée par les explications de l'enseignant sur les concepts clés suivants: l'isolement de Madagascar il y a 88 millions d'années, le processus d'extinction il y a 65 millions d'années, et les processus ultérieurs de la colonisation et de la diversification des espèces (page 4, 5).

Utilisant le modèle présenté à la figure 3, un casse-tête est créé avec les formes générales des continents. Tout d'abord, les élèves doivent essayer de faire correspondre les morceaux en forme de Pangea, mettant l'accent sur la partie du Gondwana. Le résultat devrait ressembler à la figure 4. Par la suite, en expliquant la fragmentation du Gondwana, les élèves peuvent déplacer les pièces comme la séparation des continents dans l'explication. L'enseignant peut continuer la leçon avec des explications sur le processus d'extinction, la colonisation et la diversification des espèces qui ont causé la flora et la faune de Madagascar sur la base de la carte montrée dans le puzzle en cours.





## Théâtre

L'activité vise à familiariser les élèves à comprendre le concept de la spéciation et la diversification, en utilisant exemples de les lignages d'organismes emblématiques de Madagascar. Un genre d'organismes qui servent de cas d'étude est choisi afin de faire une recherche d'information sur la biologie des taxons qui la composent. Plus tard, les enfants sont répartis en groupes pour choisir un genre de taxon, et expliquer les caractéristiques biologiques. Les enfants doivent élaborer un représentation théâtrale pour ses copains sur le taxon choisi et en utilisant librement les éléments autour (peintures, costumes, ou des éléments naturels comme les feuilles et les branches). L'activité peut terminer avec l'explication de l'enseignant centrée sur les différences biologiques entre les taxons qui viennent d'une origine commune.

Le genre *Galidia*, endémique à Madagascar contient une seule espèce, *G. elegans*, la mangouste à queue annelée, qui est représenté par plusieurs formes géographiques, pourraient servir d'exemple. C'est la forme la plus visible de carnivore sur l'île et apparaît dans la plupart des différents types de formations forestières, à l'exception de la forêt décidue tropicale et les fourrés épineux. Cette mangouste est diurne et, se nourrit de petits animaux comme les reptiles et les oiseaux, les œufs ou les insectes. Elle ne peut pas être confondue avec d'autres espèces de mammifères, par la forme du corps typique de la mangouste, avec des jambes relativement courtes et une longue queue brune avec des anneaux noirs. Trois sous-espèces distinctes de *G. elegans* (*G. e. elegans*, *G. e. occidentalis* et *G. e. dambrensis*) habitent des environnements différents dans diverses régions de l'île sont maintenant connus. Les taxa sont distingués essentiellement sur la base de la couleur de le pelage, car il n'y a pas de différences dans les mesures externes ou crâniens. Vous pouvez trouver plus de détails à ce sujet et d'autres exemples dans Goodman & Benstead (2003) *The Natural History of Madagascar*. The University of Chicago Press.



Figure 4. Carte indicatif de la position des continents, adapté pour former la Pangée.  
Source: Illustration modifiée à partir de Google Images.

## Modèle

L'objectif de cette activité est pour les étudiants de se familiariser avec l'idée de l'adaptation des espèces à différents biomes de Madagascar. Le relief de Madagascar est construit en argile sur un bois ou de carton, avec des montagnes et des rivières.. Vous pouvez utiliser les informations représentées sur la carte de Encadré 1 (page 10). L'enseignant peut expliquer sur le modèle la topographique et les caractéristiques climatiques de l'île qui ont conduit au développement de différents types de biomes auxquels les espèces sont adaptées, en mettant l'accent sur les différences dans la composition des espèces. Plus tard, les étudiants peuvent ajouter des illustrations en carton sur le modèle, représentant les espèces caractéristiques de chaque environnement.



# 05 Appendice

## Encadré 1.



Carte de Madagascar montrant les principaux fleuves et massifs. Source: Vences et al. 2009.

## Encadré 2.



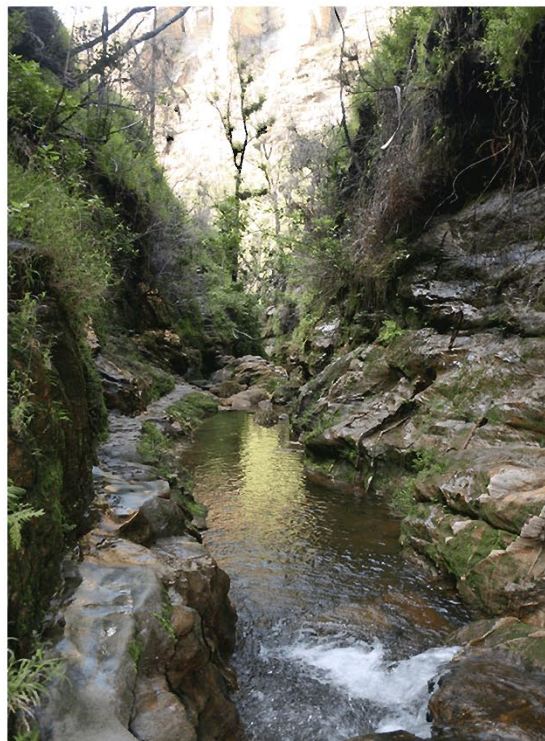
Carte de Madagascar montrant la zonation bioclimatique simplifiée (selon Cornet, 1974). Les régions bioclimatiques correspondant approximativement aux types de végétation suivants (Gautier & Goodman, 2003; Encadré 3, page 11): «humide» avec forêt tropicale; «Sous-humide» avec des hauts plateaux du centre et de la zone de forêt tropicale de Sambinaro; «sec» avec la zone de la forêt décidue tropicale; «semi-aride» avec la zone de fourrés épineux et la forêt sèche. Source: Image modifiée de Irwin et al. 2010.



### Encadré 3 régions écologiques naturelles

Tout au long des différentes communautés végétales de Madagascar est possible de trouver des variations considérables dans la physionomie des forêts, ce qui a des implications importantes pour tous les organismes vivant dans ces zones, et a également acquis un rôle important dans l'induction spéciation écologique. Nous avons défini cinq grands types de végétation (simplifié de Gautier & Goodman, 2003):

- Zone de la forêt tropicale - précipitations annuelles > 2000 mm. Les précipitations diminuent rapidement vers le nord et vers le sud plus graduellement. La température minimale moyenne est dans une plage de 18 ° C (0 m) à 10 ° C (<800 m). La végétation primaire est principalement la forêt tropicale, avec des arbres atteignant 25-30 m de hauteur, avec plusieurs couches et un sous-étage diffuse. Cette forêt est également caractérisée par une grande richesse en espèces.
- Zone des hauts plateaux du centre - est caractérisée par une forêt de conifères humides à des altitudes moyennes. La canopée végétale atteint 25 m, avec de nombreux arbres et plantes épiphytes et herbacées sous-étage mince. Apparaît à la fois dans les zones exposées comme des endroits ombragés avec des sols pauvres en nutriments. Dans les zones les plus élevées cette végétation cède la place à la forêt sclérophylle de montagne, qui atteint jusqu'à 10-12 m avec des arbres et des épiphytes et un sous-étage très ouvert avec le substrat couvert de mousses et lichens.
- Zone forêt tropicale de Sambirano - cette région est une étroite bande sur le côté ouest avec environ 100 kilomètres de large. C'est caractérisée par précipitations considérables pendant les mois les plus secs et par nombreuses affinités floristiques avec la partie orientale de l'île.
- Zone de la forêt décidue tropicale - caractérisé par une couverture végétale dense avec une verrière atteint 20 m. Tous les arbres et plupart des arbustes perdent leurs feuilles pendant la saison sèche. Les conditions du sol favorisent certaines variétés et des formations végétales uniques.
- Zone des fourrés épineux et la forêt sèche – avec précipitations annuelles inférieures ou égales à 700 mm. Beaucoup de plantes sont adaptées à accumuler l'humidité et de minimiser les pertes d'eau.





# 06 Glossaire



**Adaptation** - est une caractéristique commune dans une population qui apporte une amélioration d'une fonction. Les adaptations sont bien adaptées à leur rôle et sont causées par la sélection naturelle.

**Isolement écologique** - se produit lorsque deux ou plusieurs espèces ou populations d'une espèce sont séparées les unes des autres due à des facteurs écologiques, comme occuper différents types d'habitats de sols, ou montrer des différences de comportement.

**Biome** - est une communauté écologique des êtres vivants, comme les micro-organismes, les plantes et les animaux, qui sont formés en fonction de l'environnement physique dans lequel ils vivent. Par exemple, la forêt tropicale est un biome.

**Diversité** - est une mesure de la diversité des lignées de les microbes, les plantes et les animaux de la Terre. Il y a différentes manières de mesurer la diversité (ou biodiversité), par exemple, le nombre d'espèces ou de lignées, la variation de la morphologie ou la variation des caractéristiques génétiques.

**Endémique** - est un taxon unique d'une localité ou d'un territoire particulier.

**Spéciation** - est un processus formant lignées qui produisent deux ou plusieurs espèces différentes.

**Spéciation géographique** - est un processus de spéciation qui se produit quand une barrière géographique, comme une montagne ou une rivière, sépare les populations d'une espèce.

**Extinction** - est un événement dans lequel les derniers membres d'une lignée ou d'une espèce meurent.

**Radiation adaptative** - est un processus de spéciation rapide dans lequel une lignée se diversifie rapidement vers la formation de nouvelles lignées avec différentes adaptations.

**Taxon** - est chacune des subdivisions de la classification biologique. L'espèce est considérée comme une de ces unités.

**Topographie** - est l'ensemble des caractéristiques de la surface terrestre.



# 07 Références



- Ali JR, Krause DW** (2011) Late Cretaceous bioconnections between Indo-Madagascar and Antarctica: refutation of the Gunnerus Ridge causeway hypothesis. *Journal of Biogeography* 38:1855-1872.
- Barthlott W, Lauer W, Placke A** (1996) Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of phytodiversity. *Erdkunde* 50:317-327.
- Buerki S, Devey DS, Callmander MW, Phillipson P, Forest F** (2013) Spatio-temporal history of the endemic genera of Madagascar. *Botanical Journal of the Linnean Society* 171:304-3293.
- Ceballos G, Brown JH** (1995) Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology* 9:559-568.
- Cornet A** (1974) Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar. Notice explicative no 55, ORSTOM, Paris.
- Crotini A, Madsen O, Poux C, Strauß A, Vieites DR, Vences M** (2012) Vertebrate time-tree elucidates the biogeographic pattern of a major biotec change around the K-T boundary in Madagascar. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 109:5358-5363.
- Gautier L, Goodman SM** (2003) Introduction to the Flora of Madagascar. In Goodman SM, Benstead JP (eds.) *The Natural History of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago.
- Ghanzorn JU, Wilmé L, Mercier JL** (2014) Explaining Madagascar's biodiversity. In Scales I (ed.) *Conservation and environmental management in Madagascar*. Earthscan Conservation and Development series. Routledge, New York.
- Goodman SM, Benstead JP eds** (2003) *The Natural History of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago.
- Hemingway C, Bynum N** (2005) The influence of seasonality on primate diet and ranging. In van Schaik C, Brockman D (eds.) *Seasonality in primates: Studies of living and extinct human and non-human primates*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Holt BG, Lessard JP, Borregaard MK, Fritz SA, Araújo MB, Dimitrov D, Fabre PH, Graham CH, Graves GR, Jönsson KA, Nogués-Bravo D, Wang Z, Whittaker RJ, Fjeldså J, Rahbek C** (2013) An update of Wallace's zoogeographic regions of the world. *Science* 338:74-78.
- Irwin MT, Wright PC, Birkinshaw C, Fisher BL, Gardner CJ, Glos J, Goodman SM, Loisele P, Rabeson P, Raharison JL, Raherilalao MJ, Rakotondravony D, Raselimanana A, Ratsimbazafy J, Sparks JS, Wilmé L, Ganzhorn JU** (2010) Patterns of species change in anthropogenically disturbed forest of Madagascar. *Biological Conservation* 143:2351-2362.
- Krause DW, Prasad GVR, von Koenigswald W, Sahni A, Grine FE** (1997) Cosmopolitanism among Gondwana Late Cretaceous mammals. *Nature* 390:504-507.
- Krefth H, Jetz W** (2007) Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 104:5925-5930.
- Krüger M** (2007) Composition and origin of the Lepidoptera faunas of southern Africa, Madagascar and Reunion (Insecta: Lepidoptera). *Ann. Transvaal Museum* 44:123-178.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca AB, Kent J** (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- O'Leary MA, Bloch JI, Flynn JJ, Gaudin TJ, Giallombardo A, Giannini NP, Goldberg SL, Kraatz BP, Luo ZX, Meng J, Ni X, Nockvacek MJ, Perini FA, Randall ZS, Rougier GW, Sargis EJ, Mary T, Silcox MT, Simmons NB, Spaulding M, Velazco PM, Weksler M, Wibbe JR, Cirranello AL** (2013) The placental mammal ancestor and the Post-K-Pg radiation of placentals. *Science* 339:662-667.
- Vences M, Wollenberg KC, Vieites DR, Lees DC** (2009) Madagascar as a model region of species diversification. *Trends in Ecology and Evolution* 24:456-465.
- Yoder A** (2013) Fossils versus clocks. *Science* 339:656-658.



Le projet éducatif de la Fondation Yelcho est sponsorisé par:



Organisation  
des Nations Unies  
pour l'Éducation,  
le Science et la Culture



Protection  
Patrimoine Immatériel  
[www.unesco-heritage.org](http://www.unesco-heritage.org)

Ce guide a été réalisé par la Fondation Yelcho et financé par la  
Société Européenne de Biologie Évolutive

# Fundación Yelcho

Working at the roots



La Fondation Yelcho est un organisme privé qui consacre ses efforts pour travailler les valeurs de respect des animaux et de l'environnement à travers de l'éducation, la coopération internationale, la recherche de la conservation et de la collaboration avec les institutions.

La Fondation Yelcho est rattachée au Ministère espagnol de l'Environnement, Milieu Rural et Marin à l'enregistrement 460007.

(BOE n° 42, 18.02.2011. Sec. II, p. 19107)

[www.fundacionyelcho.org](http://www.fundacionyelcho.org)

Adresse e-mail: [biodiversidad@fundacionyelcho.org](mailto:biodiversidad@fundacionyelcho.org)