

Biodiversité, géodiversité et enjeux de leur conservation dans les montagnes humides du Nordeste brésilien

(BIODIVERSITY, GEODIVERSITY AND CONSERVATION CHALLENGES IN THE HUMID MOUNTAINS OF NORTHEAST BRAZIL)

François BÉTARD^{*}, Jean-Pierre PEULVAST^{} & Alexandra de OLIVEIRA MAGALHÃES^{***}**

RÉSUMÉ – *Surtout connu pour ses milieux semi-arides et ses sécheresses, le Nordeste brésilien a la particularité d'être ponctué de nombreux îlots montagneux humides dont la diversité biotique (biodiversité) et abiotique (géodiversité) demeure méconnue. Une partie seulement de ces montagnes fait aujourd'hui l'objet d'une protection réglementée, sous forme de parcs nationaux et de réserves, surtout dans le but de préserver la forêt atlantique qui recouvre encore partiellement leurs versants exposés aux alizés. Dans ces milieux d'écologie fragile, notamment menacés par la déforestation, un grand nombre de sites géomorphologiques et géologiques méritent une attention particulière et offrent des potentialités élevées pour des usages scientifiques, éducatifs et écotouristiques. Un premier pas a été achevé en 2006, en vue de préserver conjointement la biodiversité et la géodiversité de ces milieux, par la création du premier géoparc reconnu par l'UNESCO en Amérique du Sud, autour de la Chapada do Araripe. Cet effort de conservation intégrée de la nature doit être pris en exemple pour développer les mesures de protection et de promotion du patrimoine naturel du Nordeste brésilien, aussi bien dans les montagnes humides que sur les piémonts semi-arides.*

Mots-clés : *Patrimoine naturel, forêt atlantique, géoparc, écotourisme, Brésil*

ABSTRACT – *Famous for its semi-arid environment and related droughts, Northeast Brazil has the distinction of being dotted with numerous humid mountain islands with an exceptional biotic (biodiversity) and abiotic (geodiversity) wealth. Only part of these mountains is today the subject of nature protection and regulation, in form of national parks and reserves, especially in order to protect the Atlantic rainforest still*

* Université Paris Diderot (Paris 7), Laboratoire PRODIG, UMR 8586 CNRS, case 7001, 5 rue Thomas Mann, 75205 Paris Cedex 13, francois.betard@univ-paris-diderot.fr

** Université Paris-Sorbonne, Laboratoire de Géographie Physique, UMR 8591 CNRS, 191 rue Saint-Jacques, 75005 Paris, France, jean-pierre.peulvast@paris-sorbonne.fr

*** Laboratório de Análise Geoambiental, LAGEO, Universidade Regional do Cariri, rua Coronel Antônio Luiz, 1161, Pimenta, Crato, Ceará, Brésil, alexandra_oliveiramagalhaes@yahoo.com.br

partially covering their steep slopes exposed to the humid trade winds. In these ecologically sensible environments, particularly threatened by accelerated deforestation, many geological and geomorphological sites deserve special attention and are of high scientific, educational and ecotourist values. A first attempt to preserve together the biodiversity and geodiversity of these mountain environments has been completed in 2006 by the creation of the first UNESCO Geopark of South America, around the Chapada do Araripe. This effort of integrated nature conservation must be taken as a model for developing protection and promotion strategies of the Natural Heritage in Northeast Brazil, both in the humid mountains and on the extensive semi-arid plains and piedmonts.

Key-words: *Natural Heritage, Atlantic rainforest, geopark, ecotourism, Brazil*

1. Introduction

Souvent associé à l'image d'un milieu semi-aride aux sécheresses catastrophiques, le Nordeste brésilien a aussi la particularité d'abriter des montagnes humides (fig. 1), dont la riche diversité biotique (biodiversité) et abiotique (géodiversité) demeure largement méconnue. Face à la pression anthropique croissante exercée sur ces milieux d'écologie fragile, les autorités gouvernementales brésiliennes ont encouragé, depuis un demi-siècle, la création de parcs nationaux et d'aires protégées, surtout dans le but de protéger la *mata atlântica* (forêt atlantique) qui recouvre encore une partie de ces moyennes montagnes. Plus récemment, la conscience des enjeux de la dégradation du patrimoine naturel abiotique (roches, minéraux, fossiles, formes du relief et sols), au Brésil comme ailleurs, a incité l'UNESCO à étendre ses stratégies de protection des aires vulnérables au-delà des domaines reconnus de la biosphère et du patrimoine historique humain, en créant à présent des aires de protection du patrimoine géologique (*Global Geopark Network*). Devant ces enjeux, et grâce à une prise de conscience collective des scientifiques et des autorités publiques, une initiative nationale et internationale a conduit en 2006 à la création du premier Géoparc reconnu par l'UNESCO en Amérique du Sud, dans la partie humide de la Chapada do Araripe au sud de l'Etat du Ceará. Les objectifs de l'article sont de décrire les principaux aspects de la biodiversité et de la géodiversité dans les montagnes humides du Nordeste brésilien, largement méconnus jusqu'ici, et de comprendre les principaux enjeux de leur conservation, à travers l'exemple de la création récente du Géoparc Araripe.

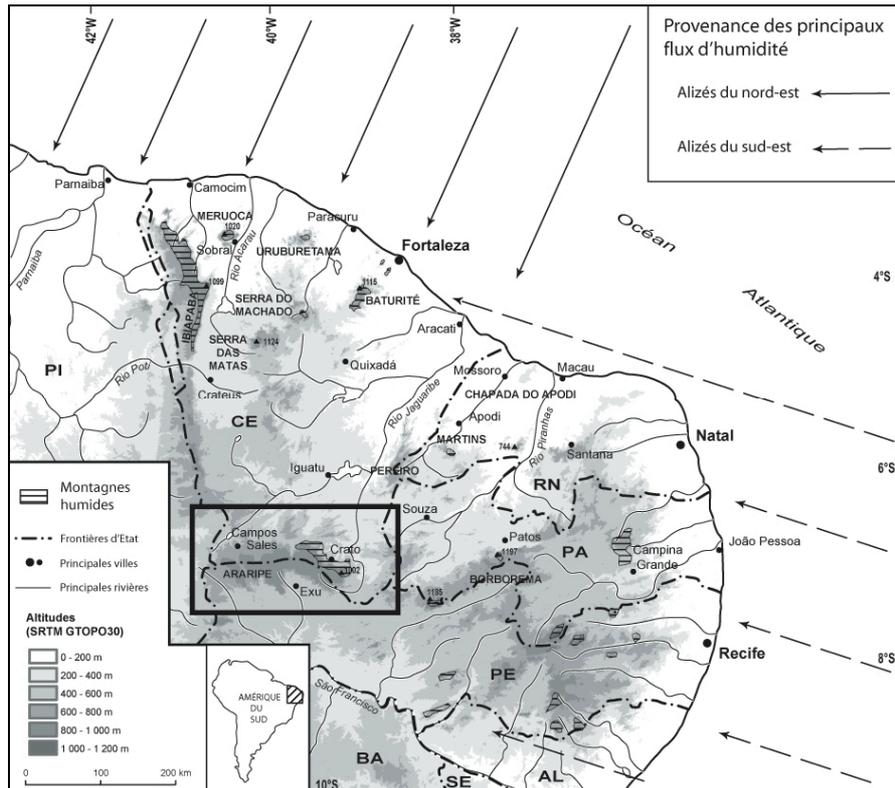


Figure 1 – Carte de localisation des montagnes humides du Nordeste brésilien, montrant leur exposition face aux principaux flux atmosphériques d’humidité. Le rectangle localise la figure 2.

2. Trame conceptuelle et contexte géographique

2.1 Biodiversité, géodiversité et conservation

Au même titre que la biodiversité définit la variété du monde vivant (ou biotique), la géodiversité désigne la variété du monde non-vivant ou abiotique. Introduit plus récemment et moins connu pour l’heure du grand public, le concept de géodiversité intègre la diversité géologique (roches, minéraux, fossiles), géomorphologique (formes du relief) et pédologique (sols), ainsi que l’ensemble des processus qui les génèrent [Gray, 2004]. Sémantiquement différent du concept de géodiversité introduit récemment en géographie humaine (qui intègre la dimension sociale), le terme est apparu pour la première fois au milieu des années 1990, au travers d’articles de géologues

australiens travaillant sur la Tasmanie [Sharples, 1993 ; Dixon, 1995 ; Eberhard, 1997]. L'apparition du concept intervient peu de temps après l'adoption de la Convention sur la Biodiversité, lors du Sommet de la Terre de Rio en 1992. Il existe en effet un parallèle évident entre la diversité biotique (biodiversité) et la diversité abiotique (géodiversité), la seconde étant le support essentiel de la première. Ensemble, biodiversité et géodiversité désignent la diversité de la Nature dans sa globalité. Comme la diversité biologique, la géodiversité constitue un élément important du patrimoine naturel de la Terre dont les valeurs intrinsèques, culturelles, esthétiques, fonctionnelles, éducatives et/ou scientifiques doivent être préservées et transmises aux générations futures.

Cependant, les activités humaines menacent la diversité des roches (en particulier remarquables ou recherchées), des sols et des formes du relief autant que celle des animaux et des végétaux vivant sur Terre. Les dommages causés au milieu peuvent se traduire par une perte, une pollution ou une érosion de la biodiversité et de la géodiversité ; d'où la nécessité d'une conservation du patrimoine naturel de la Terre. Les termes dérivés de « bioconservation » et de « géoconservation » s'appliquent aux stratégies de conservation de la biodiversité et de la géodiversité, respectivement, à travers la création d'aires ou de sites protégés (parcs nationaux et régionaux, réserves naturelles, géoparcs, géotopes, géosites, etc.). Une telle protection n'est efficace qu'avec l'adhésion de la population locale, ce qui justifie que ces sites soient ouverts, au moins partiellement, au maintien d'une utilisation raisonnée et durable des ressources. Ils doivent également être valorisés dans le cadre d'actions de promotion de la recherche et d'information ou d'éducation des différents types de publics, touristes, étudiants, etc.

2.2 Richesse et fragilité du patrimoine naturel des montagnes humides du Nordeste brésilien

Dénommées *Serras úmidas* dans l'État du Ceará ou *Brejos* dans les États voisins du Rio Grande do Norte, de la Paraíba et du Pernambuco (fig. 1), les montagnes humides du Nordeste brésilien constituent des aires d'exception climatique dans le contexte de la semi-aridité qui caractérise cette partie du Brésil. Il s'agit de montagnes isolées d'altitudes moyennes ou basses (600-1200 m), à lambeaux de surfaces d'érosion conservées sur les sommets et aux versants bordiers fortement inclinés. En faisant barrière aux alizés chargés d'humidité qui viennent de l'Atlantique (fig. 1), ces obstacles montagneux favorisent le déclenchement de précipitations orographiques responsables d'une pluviométrie élevée (1200-2000 mm/an) et forment des îlots de forêt sempervirente (*mata atlântica*) au milieu des vastes superficies de forêt sèche (*caatinga*) du domaine semi-aride (400-800 mm/an).

Bien qu'elles ne représentent pas plus de 5 % de la superficie totale du *Sertão*, ces montagnes humides, au nombre d'une vingtaine (fig. 1), constituent

avant tout de véritables réservoirs de biodiversité et font office de refuges écologiques pour de nombreuses espèces végétales et animales, parfois rares (taux élevé d'endémisme) et souvent menacées d'extinction [Bétard, 2008]. Il faut dire que la *mata atlântica* figure sur la liste des vingt-cinq « points chauds » de la planète reconnus comme étant des priorités mondiales pour le maintien de la biodiversité [Tabarelli & Santos, 2004]. En réalité, la diversité biologique des forêts humides d'altitude du Nordeste est peu connue et commence tout juste à attirer l'attention des biologistes [Cavalcante, 2005]. Malgré une prise de conscience récente par les pouvoirs publics brésiliens de l'importance écologique de ces montagnes humides, la dégradation de l'écosystème forestier des *Brejos* d'altitude est plus que préoccupante. Des années d'« extractivisme » végétal et animal, de culture de canne à sucre, de plantations de bananiers ou de caféiers et, plus récemment, de constructions de grandes résidences entourées de leurs jardins de plantes exotiques qui ont mordu sur la forêt, ont considérablement réduit la superficie de la couverture végétale originelle. De telles activités humaines ont abouti à une destruction et à une fragmentation des habitats pour la faune sauvage et à une baisse plus qu'inquiétante de la phytodiversité.

A côté d'une grande biodiversité, la géodiversité des montagnes humides nordestines apparaît tout aussi exceptionnelle et se distingue notamment par une grande diversité morphopédologique [Bétard, 2007]. Sur des superficies réduites, ces montagnes offrent une immense variété de paysages tropicaux, passant de l'humide au semi-aride en quelques kilomètres seulement. Tel est le cas du massif de Baturité dans le nord de l'Etat du Ceará, à modelé en demi-oranges et pains-de-sucre au sommet, et dont les bas de versants sont reliés à la plaine à inselbergs du *Sertão* par des pédiments disséqués et hérités d'un passé plus aride. Cette diversité morphologique s'accompagne d'une grande variété pédologique, avec une étonnante mosaïque de sols et de paléosols variant sur des distances courtes. Dans tous les cas, les menaces sur le milieu abiotique sont réelles, qu'il s'agisse des conséquences en chaîne de la déforestation (érosion en ravines, baisse de la fertilité des sols...), de l'exploitation anarchique de carrières (exemple d'une carrière de dolomie détruisant un lapiez géant sur la bordure orientale du massif de Baturité) ou du désastre occasionné par le pillage et le trafic de spécimens dans les régions fossilifères de la Chapada do Araripe.

2.3 Outils de conservation du patrimoine naturel dans le Nordeste

Face aux menaces croissantes qui pèsent sur la diversité du patrimoine naturel de ces montagnes, les gouvernements successifs de la république fédérale du Brésil et des états fédérés ont multiplié, depuis un demi-siècle, les efforts de conservation et de protection de la nature, en créant des parcs nationaux (*parques nacionais*) et des aires protégées (*APA : Areas de*

Proteção Ambiental). Ces initiatives nationales récemment recensées [Conto, 2004 ; Nascimento & al., 2008] ont été relayées localement par des initiatives privées, créant des « réserves particulières du patrimoine naturel » et des « réserves écologiques » dans plusieurs enclaves montagneuses du Nordeste brésilien. Pourtant, aujourd'hui encore, nombreuses sont les montagnes humides du Nordeste brésilien à échapper à la protection réglementée. Parmi les dix enclaves humides présentes dans l'État du Ceará, seules six d'entre elles sont actuellement protégées par une législation environnementale (Baturité, Araripe, Ibiapaba, Maranguape, Aratanha, et récemment Meruoca). Sur la totalité des *Brejos* d'altitude du Nordeste brésilien, c'est seulement ~50 % de la forêt humide qui est couverte par un zonage de protection de la nature. Le degré de protection diffère cependant notablement en fonction des outils de conservation appliqués : alors que les parcs nationaux constituent des aires entièrement protégées de l'action de l'homme, les APA représentent plutôt des zones d'aménagement concerté, dont l'objectif est de concilier développement économique et préservation de la géo/biodiversité.

Au-delà des enjeux de (bio)conservation de la forêt atlantique, les moyens développés pour la géoconservation (promotion des « géosites ») tardent aussi à se mettre en place dans cette partie du Brésil ; à l'exception toutefois du Géoparc Araripe, situé dans le sud de l'Etat du Ceará et créé en 2006 sous les auspices de l'UNESCO. Rattaché au Réseau Mondial des Géoparc nationaux (*Global Geopark Network*), il fait partie des 57 géoparc actuellement répartis dans 17 pays du monde (dont 33 en Europe et 20 en Chine). Initialement conçu pour préserver et valoriser le patrimoine géologique [Eder et Patzak, 2004], le Géoparc Araripe est l'un des rares exemples où les enjeux de conservation de la géodiversité et de la biodiversité peuvent être traités ensemble sur un même territoire.

3. Le Géoparc Araripe : un exemple démonstratif des enjeux de conservation

3.1 Présentation du Géoparc Araripe

Situé au cœur du Sertão brésilien semi-aride, à la frontière des états du Ceará, du Pernambuco et du Piauí, le Géoparc Araripe est le premier parc créé sous l'égide de l'UNESCO dans tout l'hémisphère sud. Localisée sur le rebord oriental de la Chapada do Araripe, un haut plateau tabulaire culminant à plus de 1000 m (fig. 2), cette aire protégée de 5000 km² a été classée au patrimoine de l'UNESCO en 2006, initialement pour son attrait paléontologique. Elle abrite, en effet, un gisement de paléofaunes et paléoflores fossiles d'une exceptionnelle richesse à l'échelle mondiale [Martill & al., 2007], considéré comme un jalon remarquable dans le processus de dislocation du Gondwana et un exceptionnel indicateur de ses variations paléoenvironnementales. Le

Géoparc est lui-même composé pour l'instant de neuf « géotopes » (ou « géosites »), sites strictement préservés et protégés, choisis pour leur intérêt stratigraphique, paléontologique, archéologique (peintures rupestres) et/ou paysager (fig. 2).

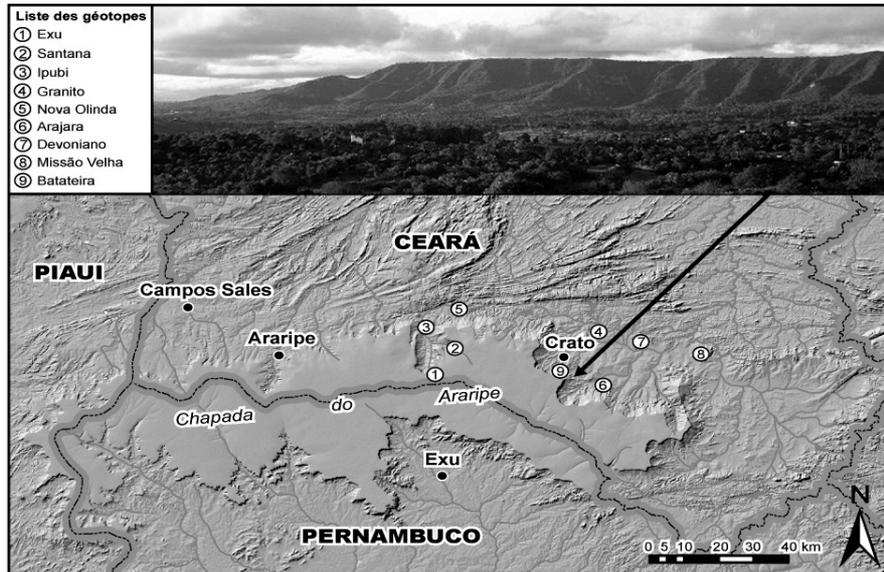


Figure 2 – La Chapada do Araripe et les géotopes du Géoparc Araripe (Sud du Ceará, Brésil). Relief ombré dérivé du Modèle Numérique d'Altitude SRTM 90 (U.S. Geological Survey).

Région biogéographique « carrefour » entre les domaines de la *caatinga*, du *cerrado* et de la *mata atlântica*, le Géoparc Araripe abrite également une biodiversité remarquable sur une superficie relativement restreinte. La forêt humide d'Araripe est d'ailleurs la première à avoir été classée Forêt Nationale (FLONA) sur le territoire brésilien dès 1946. Cette convergence des facteurs de géodiversité (formes de relief, dépôts sédimentaires, mosaïques de sols et de paléosols, gisements de minéraux), de biodiversité (avec une flore et une faune souvent endémiques) et de paléobiodiversité (assemblages floristiques et faunistiques fossiles) en fait une région au patrimoine naturel d'une exceptionnelle richesse mais aussi d'une grande vulnérabilité aux impacts anthropiques. Cette fragilité résulte en partie de sa situation le long d'un escarpement montagneux aux lithologies contrastées (fig. 2), où les conditions climatiques sub-humides et les dynamiques géomorphologiques sont agressives (glissements de terrain, coulées de débris, inondations...) [Peulvast & al., 2011] ; elle résulte aussi et surtout d'une pression anthropique croissante, en relation

avec le développement rapide d'une conurbation de plus de 400 000 habitants (Crato-Juazeiro do Norte-Barbalha) située au pied de la Chapada.

3.2 Enjeux écologiques

Les enjeux de conservation de la biodiversité et de la géodiversité dans le Géoparc Araripe sont d'abord des enjeux écologiques, et peuvent être associés à la notion de « service écosystémique » (*ecosystem service*) rendu par le capital naturel de la montagne. On peut distinguer :

- des enjeux de conservation de la biomasse et de la biodiversité (floristique et faunistique) face à la déforestation accélérée qui affecte le Nordeste du Brésil : les enjeux sont liés aux services écosystémiques rendus par la forêt, en tant que services d'approvisionnement (exemple : présence d'une flore endémique à la Forêt d'Araripe ayant un usage pharmaceutique : *Caryocar coriaceum*) ou en tant que services de régulation (régulation du climat, de l'eau et des aléas morphodynamiques : mouvements de terrain, inondations)

- des enjeux de conservation du patrimoine géomorphologique et pédologique (pédodiversité) face aux risques d'érosion accélérée comme le ravinement (*voçorocas*), conséquence directe de la déforestation ou de pratiques culturelles inadaptées : les enjeux sont liés ici aux services écosystémiques rendus par les sols, qui assurent plusieurs fonctions utiles (biologique : réserve de biodiversité ; alimentaire : support des activités agricoles ; filtre : épurateur naturel des eaux de surface et de subsurface ; source de matériaux : argiles, sables,...)

- des enjeux de conservation du patrimoine géologique et paléontologique face à l'extraction minière, à l'exploitation anarchique des carrières et au pillage de fossiles : les enjeux sont alors liés aux services écosystémiques rendus par les archives sédimentaires et paléontologiques dans leur dimension culturelle et scientifique, par leur contribution majeure à notre connaissance de l'Histoire de la Vie et de la Terre.

3.3 Enjeux socio-économiques

La conservation intégrée du patrimoine naturel de la région d'Araripe repose aussi sur des enjeux socio-économiques inscrits dans les objectifs initiaux de la création du Géoparc. Outre la protection de sites menacés par les activités humaines, le Géoparc a un double objectif tourné directement vers les populations locales et le développement régional :

- promouvoir l'éducation à l'environnement et sensibiliser le grand public aux géosciences : ceci passe par la création de centres d'information et de musées (il s'agit ici du projet d'agrandissement et d'amélioration du Musée Paléontologique de Santana do Cariri, en cours de réalisation), par l'aménagement de sentiers d'excursion ponctués de panneaux d'information sur le milieu (tables d'orientation, schémas interprétatifs) ou encore par

l'édition de livres, cartes et dépliants pédagogiques destinés à vulgariser les travaux et les connaissances scientifiques acquises sur la région.

- promouvoir le géotourisme et, plus largement, l'écotourisme, dans une perspective de développement durable : en attirant un nombre croissant de visiteurs, le Géoparc stimule l'activité économique locale et régionale grâce à la promotion d'un label mondialement reconnu, encourageant la création de nouveaux emplois liés à l'hôtellerie, à la restauration, à l'artisanat, aux musées... Cette activité doit pouvoir rester compatible avec le maintien, dans certains secteurs, d'une activité extractive contrôlée et respectueuse de l'environnement et du patrimoine, dans la mesure où cette activité reste importante pour l'économie locale (Barbalha, Crato, Nova Olinda, Santana do Cariri : argiles pour les industries céramiques, calcaires en plaquettes, gypse).

4. Conclusion et perspectives

L'exemple du Géoparc Araripe, où les enjeux de conservation portent autant sur la nature abiotique que sur le patrimoine biologique et humain (vestiges archéologiques), montre l'intérêt d'une approche intégrée de la biodiversité et de la géodiversité pour la recherche scientifique (recherche interdisciplinaire impliquant géomorphologues, géologues, pédologues, écologues, biogéographes, archéologues), pour l'aménagement concerté du territoire et les perspectives d'un développement durable via l'écotourisme. Toutefois, on peut s'interroger sur les limites du concept de « géodiversité », plus difficile à évaluer et à mesurer que la biodiversité des milieux. Les projets de conservation intégrée de la nature sont difficiles à concilier et peuvent également faire naître des conflits potentiels entre acteurs de la biodiversité et de la géodiversité. Enfin, cette étude doit souligner les efforts de conservation de la biodiversité et de la géodiversité qui restent à faire en dehors des aires protégées et des zones de montagnes humides, notamment dans le domaine semi-aride de la *caatinga* qui représente 90 % du territoire du Nordeste brésilien. Cet espace immense, localement menacé par la désertification (exemple sur le versant semi-aride de la *Serra* de Uruburetama ou sur le piémont occidental de la *Serra* de Baturité), abrite un patrimoine géologique et géomorphologique parfois exceptionnel qui doit absolument être reconnu et protégé ; en témoigne le géosite majeur de Quixadá qui, avec sa multitude d'inselbergs granitiques, est considéré à juste titre comme la « Monument Valley » du Ceará.

Références bibliographiques

- BÉTARD, F., 2007. *Montagnes humides au cœur du Nordeste brésilien semi-aride : le cas du massif de Baturité (Ceará). Apports d'une approche morphopédologique pour la connaissance et la gestion des milieux*. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sorbonne, 442 p.

- BÉTARD, F., 2008 – « Montagnes humides au cœur du Nordeste brésilien semi-aride : « montagnes-refuges » et châteaux d'eau », *Norois*, n° 207(2), pp. 35-53.
- CAVALCANTE, A., 2005 – « Jardins suspensos no Sertão », *Scientific American Brasil*, n° 32, pp. 69-73.
- CONTO, R.G. (coord), 2004. *Atlas de conservação da natureza brasileira. Unidades federais*. Metalivros, São Paulo, 335 p.
- DIXON, G., 1995 – *Aspects of geoconservation in Tasmania: a preliminary review of significant Earth features*. Report to the Australian Heritage Commission, Occasional paper No. 32, Hobart: Parks and Wildlife Service.
- EBERHARD, R. (Ed.), 1997 – *Pattern and process: towards a regional approach to national estate assessment of geodiversity*. Technical Series No. 2, Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra.
- EDER, W. & PATZAK, M., 2004 – « Geoparks – geological attractions: a tool for public education, recreation and sustainable economic development », *Episodes*, vol. 27, n° 3, pp. 162-164.
- GRAY, J.M., 2004 – *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Wiley, Chichester, 434 p.
- MARTILL, D.M., BECHLY, G. & LOVERIDGE, R.F., 2007 – *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, Cambridge, 624 p.
- NASCIMENTO, M.A.L., RUCHKYS, U.A. & MANTESSO-NETO, V., 2008 – *Geodiversidade, geoconservação e geoturismo. Trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico*. Soc. Bras. Geol., São Paulo, 84 p.
- PEULVAST J.P., BÉTARD, F., MAGALHÃES O.A., 2011 – « Scarp morphology and identification of large-scale mass movements in tropical tablelands: the eastern Araripe Basin (Ceará, Brazil) », *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n° 1, sous presse.
- SHARPLES, C., 1993 – *A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes*. Hobart, Tasmania, Forestry Commission.
- TABARELLI, M. & SANTOS, A.M.M., 2004 – « Uma breve descrição sobre a história natural dos Brejos nordestinos », *In* Pôrto K.C., Cabral J.J.P., Tabarelli M. (eds): *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba. História natural, ecologia e conservação*, Ministério do Meio Ambiente e Universidade Federal do Pernambuco, Brasília, pp. 17-24.