

AFRICA

VREDEFORT DOME

SOUTH AFRICA



1. DOCUMENTATION

- i) **Date nomination received by IUCN:** April 2004
- ii) **Dates on which any additional information was officially requested from and provided by the State Party:** IUCN letters requesting supplementary information were sent on 26 October 2004, after the field visit, and 10 January 2005, following the IUCN WH Panel. State Party responses were received on 8 December 2004, and 29 March 2005.
- iii) **IUCN / WCMC Data sheet:** 2 references (one reference with 47 citations)
- iv) **Additional Documentation Consulted:** Brink, M., Waanders, F., Bisschoff, A.A. 2004. **IUCN Technical Evaluation: Vredefort Dome, 30th August 2004, Geological Aspects.** Paper prepared for the IUCN Mission, Vredefort Dome, South Africa, August 2004. Planetary and Space Science Centre 2004, Department of Tourism, Environmental and Economic Affairs, Free State. Brink, M.C., Bisschoff, A.A., Waanders, F.B., Schoch, A.E. 2005. **An addendum to the supplementary information document on the Vredefort Dome. Earth Impact Database, Impact Cratering on Earth** (including World Impact Structures sorted by location) University of New Brunswick. <http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/essay.html>. Brink, M., Bisschoff, A.A., Waanders, F. 2004. **The Vredefort Impact Structure, Poteschefstroom, South Africa.** Brink, M.C., Waanders, F.B., Bisschoff, A.A., Gay, N.C. 2000. **The Foch Thrust-Poteschefstroom Fault structural system, Vredefort, South Africa: a model for impact-related tectonic movement over a pre-existing barrier.** Journal of African Earth Sciences, Vol 30, No 1, pp. 99-117. Elsevier Science Ltd Great Britain. Bisschoff, A.A. 1999, **The Geology of the Vredefort Dome (and Geological Sheets).** Council for Geoscience, Geological Survey of South Africa. Explanation of Sheets 2627CA, CB, CC, CD, DA, DC. 2727AA, AB, BA. Scale 1:50,000. Gibson, R.L., Reimold, W.U. 1999 **Field Excursion through the Vredefort Impact Structure.** Department of Geology, University of Witwatersrand, South Africa. French, B.M. 1998, **Traces of Catastrophe. A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures** Lunar and Planetary Institute, Houston USA. Glikson, A.Y. 1996. **Mega-impacts and mantle-melting episodes: tests of possible correlations.** AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 587-607. Grieve, R.A.F., Pilkington, M. 1996. **The signature of terrestrial impacts.** AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 399-420. Sutherland, F.L. **The Cretaceous/Tertiary-boundary impact and its global effects with reference to Australia.** AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 567-585. Shoemaker, E.M., Shoemaker, C.S. 1996. **The Proterozoic impact record of Australia.** AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 379-398.
- v) **Consultations:** 7 external reviewers, including ICOMOS. Officials from South Africa National, Provincial and District governments, representatives of community organisations and individuals.
- vi) **Field Visit:** Graeme Worboys, August 2004
- vii) **Date of IUCN approval of this report:** April 2005

2. SUMMARY OF NATURAL VALUES

The nominated serial property, Vredefort Dome, is located approximately 120 km to the south and west of Johannesburg, South Africa. Covering a total area of 30,111ha, the serial property includes a main core component of 30,108 ha, and three smaller (each 1 ha in size) component sites - two to the west, and one to the south east of the core area. The three satellite sites were added to the nomination, following discussions with IUCN, to include special outlier geological (outcrop) sites of significance to the overall geological story told at the nominated property.

The Vredefort Dome straddles the westerly flowing Vaal River, which also forms the administrative boundary of the Northwest Province and the Free State Province. It is

a representative part of a larger meteorite impact structure (or astrobleme) which has a radius of impact of 190 km. The eastern boundary of the distorted north easterly trending oval shaped core component of the serial property is found 5 km from the town of Parys, with its western boundary located some 19 km from the town. The southern boundary of the core component area lies about 6 km to the north of the town of Vredefort, and the northern boundary is about 26 km to the north of the town.

Meteorite impact has played a significant part in the geological history of the Earth. Geological activity on the Earth's surface means that the evidence of the majority of impacts has disappeared (in contrast to the prominent remains of such impact sites on the Moon). The largest meteorite impact craters are testament to catastrophic

changes in the record of the planet and life on Earth: these impacts would have caused devastating global changes, and some scientists believe some may be the cause of major evolutionary changes, including mass extinctions in the fossil record. This specialised and scarce group of geological sites therefore form a critical part of the evidence of Earth's geological history and the understanding of the evolution of the planet.

The Vredefort Dome meteorite impact structure is the oldest (2023 million years) and largest (radius 190 km) so far found on earth. It is one of only three meteorite

impact structures known with a diameter greater than 150 km, the other two being the structurally deformed Sudbury meteorite impact structure in Canada (1800 million years) and the buried Chicxulub meteorite impact structure in Mexico (60 million years). Chicxulub is also famous for its links to the demise of the dinosaurs at the end of Cretaceous (Table 1). The Vredefort Dome meteorite impact structure is one of about 200 meteorite impact structures currently known on the earth (Table 2). It is also the most deeply eroded impact structure known, with current levels of exhumation between 8 and 11 km.

Table 1: Terrestrial meteorite impact structures larger than 10km crater diameter (After French, 1998)

Crater diameter	Approx projectile diameter	Energy (TNT equivalent)	Mean impact frequency (Earth: No. per million yrs)	Mean impact interval (Earth)	Comparable terrestrial event
10km	500m	11,000 MT	10	100,000yr	Bosumtwi Meteorite Impact Crater, Ghana
20km	1km	87,000 MT	7.1	350,000yr	Ries Meteorite Impact Crater, Germany
50km	2.5km	1,300,000 MT	0.22	4.5m.y.	Charlevoix Meteorite Impact Structure, Canada
100km	5km	11,000,000 MT	0.04	26m.y.	Popigai Meteorite Impact Structure, Russia
200km	10km	87,000,000 MT	0.007	150m.y.	Largest known terrestrial impact structures, Sudbury Canada, Vredefort Dome, South Africa

Table 2: Meteorite impact structures larger than 10km (Earth Impact Data base, 2002, Brink et al, 2004)

Diameter	Meteorite impact structures
10-49 km	Ames, USA; Aorounga, Chad; Araguainha, Brazil; Avak, USA; Azuara, Spain; Boltys, Ukraine; Bosumtwi, Ghana; Carswell, Canada; Clearwater East, Canada; Clearwater West, Canada; Deep Bay, Canada; Dellen, Sweden; Eagle Butte, Canada; El'gygytgyn, Russia; Gosses Bluff, Australia; Gweni-Fada, Chad; Haughton, Canada; Janisjarvi, Russia; Kaluga, Russia; Kamensk, Russia; Karla, Russia; Kelly West, Australia; Kentland, USA; Lappajarvi, Finland; Lawn Hill, Australia; Logancha, Russia; Logoisk, Belarus; Manson, USA; Marquez, USA; Mistastin, Canada; Mjolnir, Norway; Montagnais, Canada; Nicholson, Canada; Oasis, Libya; Obolone, Ukraine; Ries, Germany; Rochechouart, France; Saint Martin, Canada; Serra da Cangalha, Brazil; Shoemaker, Australia; Sierra Madera, USA; Slate Islands, Canada; Spider, Australia; Steen River, Canada; Strangways, Australia; Suavjarvi, Russia; Upheaval Dome, USA; Ust-Kara, Russia; Vargeao Dome, Brazil; Wells Creek, USA; Zhamanshin, Kazakhstan.
50-99km	Acraman, Australia; Beaverhead, USA; Charlevoix, Canada; Chesapeake Bay, USA; Kara, Russia; Kara-Kul, Tajikistan; Morokweng, South Africa; Puchezh-Katunki, Russia; Siljan, Sweden; Tookoonooka, Australia; Woodleigh, Australia.
100-199km	Chicxulub, Mexico (170km); Manicouagan, Canada (100km); Popigai, Russia (100 km).
>200km	Sudbury, Canada (250 km); Vredefort Dome, South Africa (380 km).

There are two basic types of meteorite impact structures: simple structures of up to 4 km in diameter, with uplifted and overturned rim rocks surrounding a bowl shaped depression partially filled by breccia; and complex

structures, generally 4km or more in diameter, with a distinct central uplift in the form of a peak and/or ring, an annular trough, and a slumped rim. Most terrestrial meteorite impact structures that have formed on earth

have been obliterated by terrestrial geological processes over time, and many are buried.

2.1 Evolution of the Vredefort Dome meteorite impact structure

The impactor that formed the meteorite impact structure at the nominated property was either a large body such as an asteroid with a diameter of about 12 km traveling at a relative velocity of 20 km/sec, or a smaller one, such as the head of a comet, approaching at a much higher speed. The impact event created the greatest single energy release event known for the surface of the earth. The meteorite impact structure was estimated to have been created in about 4 hours. Major stages in the evolution of the structure are described below:

Stage One: At impact. A shockwave is generated at the moment of impact, followed by the excavation of a transient crater, the delamination of the earth's crust and its transport away from the impact point occurs.

Stage Two: Transient excavation. More material is accelerated away from the impact point, folding is starting to develop and a dent is starting to form. As the dent deepens, there is further outward acceleration of material away from the centre, and old Vredefort Dome fault surfaces are reactivated, and assume the role of a fortuitously placed ramp. A thrust system is formed by material moving over the ramp surface. Rock around the impact site is extremely highly compressed. As the crater reaches its final depth, gravitational sliding of material back into the crater takes place.

Stage Three: Rebound. The inner zone, situated within the newly formed final crater, rebounds. A much larger central cone is formed, underlain by a mantle dome. The dent is now modified to assume the shape of an annular syncline as the rebound accentuates. Along the sides of the uplifted central cone, beds are first overturned above a detachment surface and broken by faulting to form lingoidal nappes (thought to be unique to the Vredefort Dome). Inward-moving material starts falling back over the slopes of the uplifted cone. Equilibrium occurs and 1500 million years of erosion commences.

Stage Four: The Present. The eroded meteorite impact structure protrudes from below more recent sediments (The Karoo), with its granite basement rock core and the overturned collar forming major features of the central part of the nominated property. Despite the broadly circular and subvertical orientation of the strata around the collar of the dome, the structure is complicated on a smaller scale by both folding and concentric and vertical radial faults. Rocks and geological structures exhibit a mixture of compressional and extensional stress effects. The annular syncline, the basement rock dome and erosion resistant strata of the overturned collar help define the ring structure of the meteorite impact structure.

2.2 Vredefort Dome meteorite impact structure evidences

The rock exposures and geological evidences of the meteorite impact structure are very clearly displayed at a number of key locations.

1. *Shape:* The characteristic circular or ring shape of a meteorite impact structure is clearly demonstrated at Vredefort Dome. The annular syncline surrounds the inner mountainous ring. Part of this mountainous area is found in the nominated property.

2. *Evidence of great energy release:* The extreme physical conditions imposed by shock waves of impact intensity produce unique, recognizable, durable shock metamorphic effects including planar deformation features (microscopic features in quartz and feldspar); shatter cones; impact-related breccias or pseudotachylite; chocolate tablet brecciation (stress release in a very hard rock type); polymorphs of quartz (coesite and stishovite); and, possible impact melting. These are all found at the Vredefort Dome. The property is also the type locality for pseudotachylite for the world. No crater-fill breccias or ejecta deposits have so far been found at the Vredefort Dome. Had they existed, they would have been removed by the extensive period of erosion that lasted for about 1500 million years.

3. *Evidence from structural features:* The detachment surface or fault plane (above which the rock displacement occurred) is evident at the property in ramp faults that underlie nappes. There are multiple structural features associated with this meteorite impact structure.

4. *Evidence of deep crustal material exposed on the surface:* Thanks to the meteorite impact and rebound effects (and subsequent erosion), the core-portion of nominated property represents the equivalent of a borehole, drilled into the earth to a depth of 25 km. Deep crustal rock types, including granulite-hornfels facies grade metamorphics, are found.

2.3 Vredefort Dome meteorite impact structure: the scenic, landscape and natural and cultural heritage values of the nominated area

The nominated property includes part of the ring structure and a cross-section of the geological formations and structures that provide evidence for the impact. At a landscape scale, the magnitude of the ring structure diameter can be appreciated from vantage points within the nominated property. The magnitude of the forces which contributed to forming the overturned, steeply dipping and highly faulted hills of the Vredefort Dome can also be better appreciated at this landscape scale. The steepest gradient of the Vaal River is found where it courses through the Vredefort Dome hills giving rise to rapids, irregular stream patterns and islands, and a range of riverine habitats. Short, sharp streams have formed steep gullies and valleys that have cut into these hills. Flora mapping of the nominated property recognises 5 broad communities including the dolomite grasslands, andesite mountain bushveld, gold reef mountain bushveld, Vredefort Dome granite grassland and the riverine bushland. The area is very rich for some native species (butterflies), and includes many native birds, mammal species and other fauna. There are large areas of natural lands within the nominated property, and many areas are being rehabilitated to their natural habitat for game farming. The property contains evidence of past human use including agriculture, mining and conflict, and has a rich cultural heritage. There are many areas which are partly or intensively modified for

agriculture and ecotourism. The natural and cultural values of the property (other than the geological meteorite impact phenomena) complement the geological attributes.

3. COMPARISON WITH OTHER COMPLEX METEORITE IMPACT STRUCTURES

A detailed global comparative analysis was received in February 2005 as requested by IUCN. The multi-ring complex meteorite impact structure centred on the Vredefort Dome represents the oldest meteorite impact structure known for earth. The catastrophic, short duration impact that created this feature was the single greatest energy release event ever known to have affected earth (Table 3). Of the three largest meteorite impact structures, Vredefort Dome is not only the largest (380 km diameter) and oldest, but it has better exposures of impact evidences than either Sudbury (Canada) or Chicxulub (Mexico). Field inspections at Vredefort Dome clearly demonstrated the outstanding quality of the meteorite impact geological evidence. The property's structure provides the only structurally intact exposure of the basement, below the crater floor of a very large astrobleme. This is unique for the planet. It shows a geological section that reaches from the rocks which once covered the crater floor, through the floor, and down into the basement of the structure. The central cone of the crater rose (rebound) by approximately 38 km to provide a surface outcrop equivalent of mantle rocks obtained from the deepest borehole drilled on earth.

These mantle rocks also show a type of metamorphism found only in conditions of very high energy release. This characteristic may be unique to the nominated property. It is not found at Sudbury and Chicxulub. The energy released created chocolate tablet boudinage in cherts, and their association with distally situated ring thrusts is also thought to be unique. The impact forces overturned 17 km (true thickness) of strata to dip towards the centre of the structure. No other similar terrestrial phenomenon of this nature, of a comparable magnitude has (probably) been observed. Like other complex impact structures, Vredefort Dome includes examples of shatter cones, planar deformation features in minerals, high pressure mineral polymorphs. It does not include evidences of impact melts. In conclusion, the nominated property, has high quality exposures of a complex meteorite impact event that are readily accessible. It is a high quality representative example of a meteorite impact structure and has special significance given its status as evidence of the world's greatest single event release of energy. It is the world's only structurally intact exposure of the basement, below the crater floor, of a very large astrobleme. It provides the only mappable and restorable profile that illustrates the genesis and development of an astrobleme during the very short time after impact. A brief comparison relative to the world's 3 largest meteorite impact structures is provided in Table 3. The criteria cover aspects of significance in relation to all the relevant aspects of World Heritage natural criterion (i).

Table 3: Comparison, Earth's 3 largest known meteorite impact structures

Complex meteorite impact structure	Diameter (km)	Estimated energy released	Some surface exposure	Totally buried	Subsequent deformation	Link to major event in earth's history	Evidence of meteorite impact
Vredefort Dome, South Africa	380	87 million megatons (plus)	Yes	No	No	Impact at 2.2 billion yrs (the end of a large scale bombardment? Eukaryote / Prokaryote boundary?)	HD; E; LG: Circ; Mult Rings; Cent; PDF; Coes; Stish; Brecc; Shatt; Melt (rare); Det Fault; Faults, Folds
Sudbury Canada	250	87 million megatons	Yes	No	Yes	Impact at 1.8 billion yrs	DEF; HD (upper part); Brecc; Melt
Chicxulub, Mexico	170	87 million megatons	No	Yes	No	60 million yrs. End of the dinosaurs	This site is buried

Key to Table 3: Meteorite impact structure evidence

A) State of preservation

HD: High degree of preservation of meteorite impact evidence
LG: Landscape geomorphic evidence
DEF: Deformed meteorite impact evidence
W: Weathered meteorite impact evidence
E: Meteorite impact evidence eroded

B) Meteorite impact evidence

Circ: Circular ring structure and annular syncline
Mult Rings: multiple rings
Cent: Central structural uplift evidence
PDF: Planar deformation features (characterised by microscopic effects in quartz or feldspar)
Stish: Quartz polymorph mineral Stishovite

Coes: Quartz polymorph mineral Coesite
Brecc: Impact related breccia (mylonite to pseudotachylite)
Choc Tab: Chocolate tablet brecciation (characteristic of stress release in a very hard rock type)
Shatt: Shatter cones
Melt: Impact melting. Crystallisation of rock from a molten stage
Crat Fill: Crater-fill breccias
Eject: Ejecta deposits
Det Fault: Detachment fault surface
Faults: Multiple faulting evidences associated with the impact structure
Folds: Folds and over folds associated with the impact structure

4. INTEGRITY

4.1 Land Ownership

The nominated serial property straddles the Vaal River and is located within the Free State and Northwest Provinces. It is comprised of 149 private properties, 91 of which are located within the Northwest Province (18,859 ha), and 58 the Free State Province (11,252 ha). There are 600 ha of state owned land within the nominated core component.

4.2 Management and planning framework

The land within the nominated property is predominantly agricultural, has freehold status, and is subject to national, provincial and district statutory regulations. The following national legislation is applicable: The World Heritage Convention Act 49 of 1999; the National Heritage Resources Act 25 of 1999; the National Environmental Management Act 107 of 1998 and the Physical Planning Act 88 of 1967. At the Provincial level, the Northwest and Free State Provinces have applicable nature conservation ordinances regulating environmental aspects of the area. At the local level, the nominated property falls within the District Municipalities of Northern Free State and Southern District North West, and the Local Municipal areas of Potschefstroom (Northwest Province) and Parys (Free State Province), and their environmental regulations.

In December 2002, the South African National Heritage Resources Agency decided, in principle, to declare the nominated property a National Heritage Site under the provisions of the National Heritage Resources Act 25 of 1999 subject to a Cultural Heritage Survey and Management Plan being completed. This document has been completed (February 2005) although no advice of the formal declaration of the National Heritage Site had been received as of March 2005.

In 2004, interim government management structures and actions were put in place in recognition of the potential World Heritage status of the nominated property. They include: *The Vredefort Dome Inter-provincial Task Team* which is coordinating the process of obtaining World Heritage status and providing interim technical and administrative management (until a Management Authority is appointed under the World Heritage Convention Act, 1999). The *Inter-provincial Task Team* is commissioned to develop an *Integrated Management Plan* for the serial property in accordance with the World Heritage Convention Act. Part of this process includes Northwest Province preparing a *Development Plan* (a spatial plan which includes a Strategic Environmental Assessment of the area) and a *Management (zoning plan) Plan*. This work aims to enhance the stature of the Vredefort Dome as a potential National Heritage site and a potential World Heritage site. A *Vredefort Dome Steering Committee* (involving District and Local Municipalities, Provincial, and National Government representatives) has been established to oversee the process of obtaining World Heritage status and the appointment of a Management Authority. A *Vredefort Dome Stakeholder Forum* has been established for public participation and awareness raising about

obtaining World Heritage status and the establishment of a Management Authority.

A *Vredefort Dome Bergland Conservancy* has been established by private landowners in the Northwest Province as a Section 21 Company. The main objectives of the Conservancy are to convert the private properties of the area into a voluntary nature reserve, and to conserve its unique aspects. The Conservancy has prepared a management plan to facilitate these objectives. It will be represented in the *Stakeholder Forum*, and it plays an important role in the facilitation of private landowner's involvement in the nominated property.

A *Vredefort Dome Conservancy* has also been established in the Free State Province by private landowners following the IUCN field mission.

4.3 Traditional protection mechanisms

Traditional intensive agriculture in the nominated property is reported to be diminishing, with rehabilitation of natural vegetation, game farms, and ecotourism based on the natural attributes, including the Vaal River riparian area becoming more important. The greatest protection currently afforded to many of the outstanding and sensitive geological (outcrop) sites is the general lack of publicity and awareness of their significance.

4.4 Public support

Consultations with national, provincial, and municipality officials, elected representatives and local school children demonstrated strong support for the nominated property. Support for and knowledge of the WH nomination by the 149 private property owners within the serial nomination was also evaluated. Assisted by the Dome Bergland Conservancy, it was found that not all landowners within the nominated property may be aware of the potential WH status for their land and the ramifications of this status. This has been recognised by the *Inter-provincial Task Team*, and the *Stakeholder Forum* has been designed to raise awareness of the proposal. In February 2005, this work was still being completed. Landowners of the 3 satellite sites separate from the core component area have been contacted, and are supportive of the nomination.

4.5 Site management

The *VD Inter-provincial Task Team* has assumed management of the nominated property for the interim period commencing 2004. Normal private property agricultural activities, ecotourism and game farming will continue to occur within the nominated property. Special planning provisions will be required to ensure the protection of the scenic landscape attributes of the meteorite impact structure. Active individual site management will be required to protect the three satellite component sites.

4.6 Boundaries

Roads have been used to define the boundary of core component of the nominated property. This is a clear

boundary. Each of the additional three component sites which make up the serial nomination are located in open, agricultural land and will be fenced to identify their boundaries. These 3 sites have been identified (February 2005) as being circular in shape around the geological outcrop and about 1 hectare in area. These circular boundaries are interpreted to be indicative and more definitive practical boundaries are needed. In addition, the eastern disjunct site (the pseudotachylite site) lies immediately adjacent to the core area, which could potentially be expanded to include this area.

4.7 Threats

The major threats to the integrity and functioning of the nominated property are:

Site level: theft or vandalism to the geological evidence

The three satellite component sites, including the stromatolite site, the chocolate tablet brecciation site, and the shatter cone site are all vulnerable to theft and vandalism, and require management and supervision. At least two of the component sites (the stromatolite and chocolate tablet breccia sites) are so site-specific, valuable and vulnerable, that they may require special, small exhibition buildings and on-site supervision to permanently protect them.

Nominated area level: development

The essentially rural and natural scenic amenity of the nominated property and the “ring structure” landscape adds to the integrity of the nominated property. Appreciating the immensity of the meteorite impact ring structure requires a landscape scale vista. Urbanisation of parts or the entire nomination property would diminish the natural-rural scenic value and impact of the “ring structure” landscape. It would also impact on the important remaining natural values. Independent development actions of property owners within the nominated property could also have an impact. Mining is not considered to be a threat to the nominated property, though quarrying for granite could be. The polluted state of the Vaal River diminishes the natural values of the area.

Tourism and visitor access

Legal access will need to be achieved for visitors to the three small component sites and access will need to be negotiated with private property owners within the nominated property. Uncoordinated and unsupervised tourism access could threaten the integrity of the geological evidence as well as cause impacts to access and landscape scale scenery. Unplanned or ad hoc tourism developments could jeopardize the scenic amenity of the property. Therefore, active management of tourism will be needed.

4.8 Concurrence with all relevant “Conditions of Integrity”

The World Heritage conditions of integrity for the Vredefort Dome nomination are:

Section 44 b (i): Contain all or most of the key interrelated and interdependent elements

The current nominated serial property includes key geological (outcrop) sites which demonstrate classic complex meteorite impact structure phenomena.

Section 44 b (v): Should have a management plan

The serial nominated property currently does not have a management plan. The *Inter-provincial Task Team* is currently in the process of investigating and preparing such a plan.

Section 44 b (vi): Should have adequate long-term legislative, regulatory, institutional or traditional protection.

The status of private property for the majority of the serial nominated property will require special land use planning requirements to ensure the aesthetic rural/natural landscape and the key satellite component sites are protected, that public access is available, and that active conservation management is possible. These provisions are critical. The *Inter-provincial Task Team* is currently investigating these requirements. Final practical boundaries for the 3 satellite component sites of the serial nomination need to be made clear and precise.

5. APPLICATION OF WORLD HERITAGE NATURAL CRITERIA

Vredefort Dome is nominated for inscription under natural criterion (i)

Criterion (i): Earth’s history and geological features

Vredefort Dome is the oldest, largest, and most deeply eroded meteorite impact structure in the world. It is the site of the world’s greatest single, known energy release event. It contains high quality and accessible geological (outcrop) sites which demonstrate a range of geological evidences of a complex meteorite impact structure. The rural and natural landscapes of the serial property help portray the magnitude of the ring structures resulting from the impact. The serial nomination is considered to be a representative sample of this meteorite impact structure. A comprehensive comparative analysis with other complex meteorite impact structures demonstrated that it is the only example on earth providing a full geological profile of an astrobleme below the crater floor, thereby enabling research into the genesis and development of an astrobleme immediately post impact. IUCN considers that the nominated property meets this criterion.

6. DRAFT DECISION

IUCN recommends that the World Heritage Committee adopt the following draft decision:

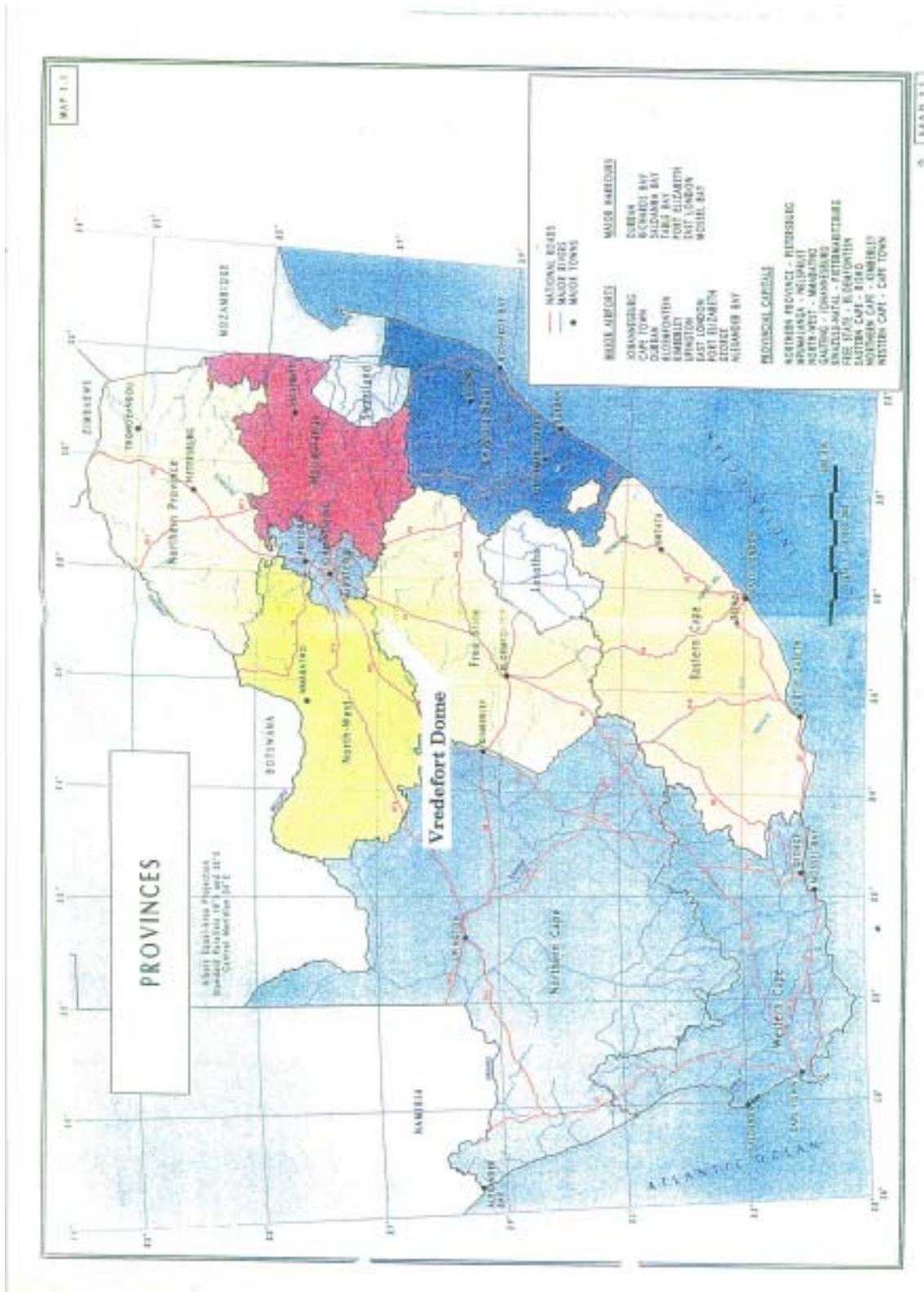
The World heritage Committee,

1. Having examined Document WHC-05/29.COM/8B
2. Inscribes the Vredefort Dome, South Africa, on the World Heritage List on the basis of natural criterion (i)

Criterion (i): *Vredefort Dome is the oldest, largest, and most deeply eroded complex meteorite impact structure in the world. It is the site of the world's greatest single, known energy release event. It contains high quality and accessible geological (outcrop) sites which demonstrate a range of geological evidences of a complex meteorite impact structure. The rural and natural landscapes of the serial property help portray the magnitude of the ring structures resulting from the impact. The serial nomination is considered to be a representative sample of a complex meteorite impact structure. A comprehensive comparative analysis with other complex meteorite impact structures demonstrated that it is the only example on earth providing a full geological profile of an astrobleme below the crater floor, thereby enabling research into the genesis and development of an astrobleme immediately post impact.*

3. *Noting that the freehold status of the majority of the nominated property requires special management and collaboration with landowners to ensure the integrity of the property,*
4. *Requests the State Party to clearly define the legal boundaries for the three satellite component sites of the serial property,*
5. *Requests the State Party to complete and start to implement the management plan for the entire property within 2 years of inscription, and ensures that this plan has the support of key stakeholders;*
6. *Further requests the State Party to invite an IUCN mission within 2 years of inscription to evaluate progress with the above actions.*

Map 1: General Location of nominated property



AFRIQUE

DÔME DE VREDEFORT

AFRIQUE DU SUD



1. DOCUMENTATION

- i) **Date de réception de la proposition par l'UICN** : avril 2004
- ii) **Dates auxquelles des informations complémentaires ont été demandées officiellement puis fournies par l'État Partie** : des lettres ont été envoyées par l'UICN le 26 octobre 2004, après la visite du bien proposé et le 10 janvier 2005, après la réunion du Groupe d'experts du patrimoine mondial de l'UICN, pour solliciter des informations complémentaires. Les réponses de l'État partie sont parvenues le 8 décembre 2004 et le 29 mars 2005.
- iii) **Fiches techniques UICN/WCMC** : 2 références (une référence avec 47 citations).
- iv) **Littérature consultée** : Brink, M., Waanders, F., Bisschoff, A.A. 2004. **IUCN Technical Evaluation: Vredefort Dome, 30th August 2004, Geological Aspects**. Paper prepared for the IUCN Mission, Vredefort Dome, South Africa, August 2004. Planetary and Space Science Centre 2004, Department of Tourism, Environmental and Economic Affairs, Free State. Brink, M.C., Bisschoff, A.A., Waanders, F.B., Schoch, A.E. 2005. **An addendum to the supplementary information document on the Vredefort Dome. Earth Impact Database, Impact Cratering on Earth** (including World Impact Structures sorted by location) University of New Brunswick. <http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/essay.html>. Brink, M., Bisschoff, A.A., Waanders, F. 2004. **The Vredefort Impact Structure, Poteschefstroom, South Africa**. Brink, M.C., Waanders, F.B., Bisschoff, A.A., Gay, N.C. 2000. **The Foch Thrust-Poteschefstroom Fault structural system, Vredefort, South Africa: a model for impact-related tectonic movement over a pre-existing barrier**. Journal of African Earth Sciences, Vol 30, No 1, pp. 99-117. Elsevier Science Ltd Great Britain. Bisschoff, A.A. 1999. **The Geology of the Vredefort Dome (and Geological Sheets)**. Council for Geoscience, Geological Survey of South Africa. Explanation of Sheets 2627CA, CB, CC, CD, DA, DC. 2727AA, AB, BA. Scale 1:50,000. Gibson, R.L., Reimold, W.U. 1999 **Field Excursion through the Vredefort Impact Structure**. Department of Geology, University of Witwatersrand, South Africa. French, B.M. 1998, **Traces of Catastrophe. A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures** Lunar and Planetary Institute, Houston USA. Glikson, A.Y. 1996. **Mega-impacts and mantle-melting episodes: tests of possible correlations**. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 587-607. Grieve, R.A.F., Pilkington, M. 1996. **The signature of terrestrial impacts**. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 399-420. Sutherland, F.L. **The Cretaceous/Tertiary-boundary impact and its global effects with reference to Australia**. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 567-585. Shoemaker, E.M., Shoemaker, C.S. 1996. **The Proterozoic impact record of Australia**. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 16 (4) pp. 379-398.
- v) **Consultations**: 7 évaluateurs indépendants, y compris l'ICOMOS. Responsables des gouvernements national, provincial et de district de l'Afrique du Sud ; représentants d'organisations communautaires et autres personnes.
- vi) **Visite du bien proposé** : Graeme Worboys, août 2004.
- vii) **Date d'approbation du rapport par l'UICN** : avril 2005.

2. RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES NATURELLES

Le bien sériel proposé, le dôme de Vredefort, se trouve à environ 120 km au sud-ouest de Johannesburg, en Afrique du Sud. Avec une superficie totale de 30 111 ha, le bien sériel comprend un élément central principal de 30 108 ha et trois sites satellites plus petits (chacun d'une superficie de 1 ha) – deux à l'ouest et un au sud-est de la zone centrale. Après discussion avec l'UICN, l'État partie a décidé d'inclure les trois sites satellites excentrés et géologiquement importants pour l'histoire géologique globale racontée par le bien proposé.

Le dôme de Vredefort chevauche la rivière Vaal qui coule vers l'ouest et qui forme aussi les limites administratives

de la province du Nord-Ouest et de la province de l'État libre. Il s'agit d'une partie représentative d'une grande structure d'impact de météorite (ou astroblème) qui a un rayon d'impact de 190 km. La limite orientale de l'élément central du bien sériel, de forme ovale déformée en direction du nord-est, se trouve à 5 km de la ville de Parys, tandis que sa limite occidentale est située à environ 19 km de cette ville. La limite méridionale se trouve à quelque 6 km au nord de la ville de Vredefort et la limite septentrionale à environ 26 km au nord de cette ville.

Les impacts météoritiques ont joué un rôle important dans l'histoire géologique de la Terre. L'activité géologique à la surface de la Terre est telle que les

preuves de la majorité des impacts ont disparu (sur la Lune, en revanche, les vestiges de tels sites d'impact sont évidents). Les plus grands cratères d'impact de météorite témoignent des changements catastrophiques qui se sont produits dans l'histoire de la planète et de la vie sur Terre : ces impacts ont sans doute provoqué des changements planétaires dévastateurs, et certains scientifiques estiment que certains peuvent être à l'origine de bouleversements de l'évolution, y compris d'extinctions massives dans le registre fossile. Ce groupe, spécialisé et rare, de sites géologiques est donc un témoin vital de l'histoire géologique de la Terre qui contribue à la compréhension de l'évolution de la planète.

La structure d'impact météoritique du dôme de Vredefort est la plus ancienne (2023 millions d'années) et la plus

grande (rayon de 190 km) jamais découverte sur la Terre. Il s'agit de l'une des trois seules structures d'impact de météorite connues qui ont un diamètre supérieur à 150 km; les deux autres sont la structure d'impact de météorite structurellement déformée de Sudbury au Canada (1800 millions d'années) et la structure d'impact de météorite enterrée de Chicxulub au Mexique (60 millions d'années). Chicxulub est aussi célèbre pour ses liens avec la disparition des dinosaures à la fin du Crétacé (tableau 1). La structure d'impact de météorite du dôme de Vredefort est une des quelque 200 structures d'impact de météorite actuellement connues sur Terre (tableau 2). C'est aussi la structure d'impact la plus profondément érodée avec des niveaux actuels d'exhumation situés entre 8 et 11 km.

Tableau 1 : Structures d'impact de météorite terrestres dont le diamètre du cratère est supérieur à 10 km (d'après French, 1998)

Diamètre du cratère	Diamètre approx. de l'impacteur	Équivalent énergie (TNT)	Fréquence d'impact moyenne (Terre : Nb par million d'années)	Intervalle moyen des impacts (Terre)	Événement terrestre comparable
10 km	500 m	11 000 MT	10	100 000 an	Cratère d'impact de météorite de Bosumtwi, Ghana
20 km	1 km	87 000 MT	7,1	350 000 an	Cratère d'impact de météorite de Ries, Allemagne
50 km	2,5 km	1 300 000 MT	0,22	4,5 m an	Structure d'impact de météorite de Charlevoix, Canada
100 km	5 km	11 000 000 MT	0,04	26 m an	Structure d'impact de météorite de Popigai, Russie
200 km	10 km	87 000 000 MT	0,007	150 m an	Plus grandes structures d'impact terrestres connues, Sudbury, Canada, dôme de Vredefort, Afrique du Sud

Tableau 2 : Structures d'impact de météorite supérieures à 10 km (Earth Impact Data base, 2002, Brink et al., 2004)

Diamètre	Structures d'impact de météorite
10-49 km	Ames, É.-U.; Aorounga, Tchad; Araguainha, Brésil; Avak, É.-U.; Azuara, Espagne; Boltsh, Ukraine; Bosumtwi, Ghana; Carswell, Canada; Clearwater East, Canada; Clearwater West, Canada; Deep Bay, Canada; Dellen, Suède; Eagle Butte, Canada; El'gygytyn, Russie; Gosses Bluff, Australie; Gweni-Fada, Tchad; Houghton, Canada; Janisjarvi, Russie; Kaluga, Russie; Kamensk, Russie; Karla, Russie; Kelly West, Australie; Kentland, É.-U.; Lappajarvi, Finlande; Lawn Hill, Australie; Logancha, Russie; Logoisk, Bélarus; Manson, É.-U.; Marquez, É.-U.; Mistastin, Canada; Mjolnir, Norvège; Montagnais, Canada; Nicholson, Canada; Oasis, Libye; Obolone, Ukraine; Ries, Allemagne; Rochechouart, France; Saint-Martin, Canada; Serra da Cangalha, Brésil; Shoemaker, Australie; Sierra Madera, É.-U.; Slate Islands, Canada; Spider, Australie; Steen River, Canada; Strangways, Australie; Suavjarvi, Russie; Upheaval Dome, É.-U.; Ust-Kara, Russie; Vargeao Dome, Brésil; Wells Creek, É.-U.; Zhamanshin, Kazakhstan.
50-99 km	Acraman, Australie; Beaverhead, É.-U.; Charlevoix, Canada; Chesapeake Bay, É.-U.; Kara, Russie; Kara-Kul, Tadjikistan; Morokweng, Afrique du Sud; Puchezh-Katunki, Russie; Siljan, Suède; Tookoonooka, Australie; Woodleigh, Australie.
100-199 km	Chicxulub, Mexique (170 km); Manicouagan, Canada (100 km); Popigai, Russie (100 km)
>200 km	Sudbury, Canada (250 km); dôme de Vredefort, Afrique du Sud (380 km).

Il y a deux types fondamentaux de cratères d'impact de météorite : des structures simples qui mesurent jusqu'à 4 km de diamètre avec des remparts rocheux relevés

et retournés qui entourent une dépression en forme de bol partiellement recouverte de brèches ; et des structures complexes, mesurant généralement 4 km ou

plus de diamètre avec un relèvement central distinct sous forme de pic et/ou de couronne, une forme annulaire et une bordure effondrée. La plupart des structures d'impact de météorite terrestres ont été oblitérées, au fil du temps, par des processus géologiques terrestres et beaucoup sont ensevelies.

2.1 Évolution de la structure d'impact météoritique du dôme de Vredefort

L'impacteur ou bolide extraterrestre qui a formé le cratère d'impact dans le bien proposé était soit un corps de grande taille tel qu'un astéroïde au diamètre d'environ 12 km qui se déplaçait à une vitesse relative de 20 km/s, soit un plus petit tel que la tête d'une comète approchant à une vitesse beaucoup plus élevée. L'impact a créé la plus grande libération d'énergie jamais connue à la surface de la Terre. On estime que le cratère d'impact s'est formé en 4 heures environ. Les principales étapes de l'évolution de la structure d'impact sont décrites ci-dessous :

Première étape : moment de l'impact. Une onde de choc est générée au moment de l'impact, suivie par la formation, par compression, d'un cratère transitoire, par une déstructuration de l'écorce terrestre et par le transport/accélération des matériaux loin du point d'impact.

Deuxième étape : excavation transitoire. Davantage de matériaux sont accélérés loin du point d'impact, un plissement commence à se produire et une fente commence à se former. À mesure qu'elle s'approfondit, l'accélération de matériaux vers l'extérieur, loin du centre, augmente, les surfaces de failles de l'ancien dôme de Vredefort sont réactivées et servent de rampe fortuite. Un système de chevauchement se forme, les matériaux recouvrant la surface de la rampe. Autour du site d'impact, la roche est très fortement compressée. Au fur et à mesure que le cratère d'impact atteint sa profondeur finale, il se produit un glissement gravitationnel de matériaux vers l'intérieur du cratère.

Troisième étape : rebond élastique. La zone intérieure, située dans le cratère final nouvellement formé se soulève par un processus de rebond élastique et un cône (ou pic) central beaucoup plus grand que l'ancien dôme est formé et repose sur un dôme manteau. La fente (voir 2^e étape ci-dessus) se modifie pour prendre la forme d'un synclinal annulaire à mesure que le rebond s'accroît. Le long des côtés du cône central relevé, les lits sont d'abord retournés par-dessus une surface de décollement et cassés par la formation de failles pour former des nappes lingoïdales (qui seraient uniques au dôme de Vredefort). Le mouvement de matériaux vers l'intérieur s'inverse sur les côtés du cône central relevé et commence à retomber sur les pentes du cône. L'équilibre est atteint. Commencent alors 1500 millions d'années d'érosion.

Quatrième étape : le présent. Le cratère d'impact érodé émerge des roches sédimentaires plus récentes (le Karoo), son socle de granit et son col retourné formant les caractéristiques principales de la partie centrale du bien proposé. Malgré une orientation grossièrement circulaire et subverticale de la strate qui entoure le col du dôme central, la structure est compliquée à plus

petite échelle à la fois par des plissements et des failles radiales, concentriques et verticales. Les roches et les structures géologiques présentent un mélange d'effets de stress de compression et de rebond élastique. Le synclinal annulaire, le dôme manteau et la strate résistante à l'érosion du col retourné aident à définir la structure annulaire de la structure d'impact.

2.2 Preuves de la structure d'impact météoritique du dôme de Vredefort

Les affleurements rocheux et les preuves géologiques de la structure d'impact de météorite apparaissent très clairement dans plusieurs localités clés.

1. *Forme* : la forme circulaire ou annulaire caractéristique d'une structure d'impact extraterrestre est clairement démontrée au dôme de Vredefort. Le synclinal annulaire entoure la couronne montagneuse interne. Une partie de cette zone montagneuse se trouve dans le bien proposé.

2. *Preuve de grande libération d'énergie* : les conditions physiques extrêmes imposées par les ondes de choc résultant de l'intensité de l'impact induisent des transformations métamorphiques uniques, reconnaissables, durables : déformation plane (structures microscopiques caractéristiques dans des quartz et des feldspath) ; fractures coniques ; brèches d'impact ou pseudo-tachylites ; brèches en tablette de chocolat (libération de stress dans un type de roche très dure) ; polymorphes de quartz (coesite et stishovite) ; et fonte d'impact possible. Toutes ces caractéristiques sont présentes au dôme de Vredefort. Le bien est aussi la localité type pour la pseudo-tachylite à l'échelle du globe. À ce jour, on n'a trouvé, au dôme de Vredefort, ni brèche de remplissage de cratère ni éjecta. S'il y en avait eu, ils auraient été éliminés par la très longue période d'érosion qui a duré environ 1500 millions d'années.

3. *Preuves apportées par les caractéristiques structurelles* : la surface de décollement ou plan de faille (sur laquelle s'est produit le déplacement de roches) est évidente dans le bien, dans les failles en rampe qui sous-tendent les nappes. Il y a de nombreuses caractéristiques structurelles associées à une structure d'impact de météorite.

4. *Preuves d'exposition à la surface de matériau crustal profond* : suite à l'impact de météorite et aux effets de rebond élastique (ainsi qu'à l'érosion ultérieure), la partie centrale du bien proposé représente l'équivalent d'un puits de forage creusé jusqu'à une profondeur de 25 km. Des types de roches crustales profondes, y compris des roches métamorphiques de faciès granulite-hornfels, sont observées.

2.3 Structure d'impact météoritique du dôme de Vredefort : valeurs panoramiques, paysagères, naturelles et culturelles du site proposé

Le bien proposé comprend une partie de la couronne du cratère d'impact et une partie transversale des formations et structures géologiques qui prouvent l'impact. À l'échelle du paysage, l'ampleur du diamètre de la couronne peut être appréciée depuis différents

points de vue à l'intérieur du bien proposé. L'ampleur des forces qui ont contribué à former les collines retournées, en pente raide et extrêmement faillées du dôme de Vredefort est également mieux appréciée à l'échelle du paysage. Le gradient le plus abrupt de la rivière Vaal se trouve à l'endroit où elle traverse les collines du dôme de Vredefort. On y trouve des rapides, un courant irrégulier et des îles, ainsi qu'une gamme d'habitats riverains. Des cours d'eau, courts et violents, ont creusé des ravins profonds et des vallées qui découpent ces collines. Le relevé de la flore du bien proposé reconnaît cinq communautés principales, à savoir les prairies de dolomite, le bushveld de la montagne d'andésite, le bushveld de la montagne de quartz aurifère, les prairies de granit du dôme de Vredefort et la brousse riveraine. La zone est très riche pour certaines espèces indigènes (papillons) et comprend de nombreux oiseaux, mammifères et autres animaux indigènes. Il y a de vastes terrains naturels dans le bien proposé et beaucoup sont en train d'être rendus à leurs habitats naturels pour l'élevage de gibier. Le bien présente des traces d'activités humaines passées - agriculture, mines et conflits - et possède un riche patrimoine culturel. De nombreuses zones sont partiellement ou fortement modifiées pour l'agriculture et l'écotourisme. Les valeurs naturelles et culturelles du bien (autres que le phénomène géologique d'impact météoritique) complètent les caractéristiques géologiques.

3. COMPARAISON AVEC D'AUTRES STRUCTURES D'IMPACT MÉTÉORITIQUE COMPLEXES

En février 2005, l'UICN a reçu une analyse comparative mondiale détaillée réalisée à sa demande. La structure d'impact à couronnes multiples complexe, centrée sur le dôme de Vredefort, représente la plus ancienne structure d'impact de météorite connue sur Terre. L'impact catastrophique et bref qui a créé ce relief est le plus important phénomène de libération d'énergie qui ait jamais affecté la Terre (tableau 3). Parmi les trois plus grandes structures d'impact de météorite, le dôme de Vredefort n'est pas seulement la plus grande (380 km de diamètre) et la plus ancienne, mais il présente de meilleures expositions des preuves d'impact que Sudbury (Canada) ou Chicxulub (Mexique). Les inspections sur le terrain, au dôme de Vredefort, ont clairement démontré la qualité exceptionnelle des preuves géologiques d'impact de météorite. La structure du bien fournit la seule exposition structurellement intacte du soubassement rocheux, en dessous du fond du cratère d'un très grand astéroïde. C'est un cas unique sur la planète. On y voit une section géologique qui émerge des roches qui couvraient autrefois le fond du cratère, à travers le fond et jusqu'au soubassement rocheux. Le cône central du cratère s'est élevé (par rebond élastique) d'environ 38 km pour fournir un affleurement de surface équivalent aux régolites obtenues dans le trou de forage le plus profond de la Terre. Ces régolites présentent aussi un type de métamorphisme que l'on ne trouve que dans le cas d'une très haute libération d'énergie. Il est possible que cette caractéristique soit unique au bien proposé. On ne la trouve ni à Sudbury ni à Chicxulub. L'énergie libérée a créé un boudinage de type « tablette de chocolat » en silixite, et l'on pense que son association avec des

chevauchements en couronne en situation distale est unique. Les forces d'impact ont retourné 17 km (épaisseur réelle) de strates profondément vers le centre de la structure. On n'a jamais (probablement) observé de phénomènes terrestres de cette nature qui auraient eu une ampleur comparable. Comme d'autres structures d'impact complexes, le dôme de Vredefort comprend des exemples de fractures coniques, de caractéristiques de déformation plane dans les minéraux, de polymorphes minéraux à haute pression. On n'y trouve aucune preuve de fonte d'impact. En conclusion, le bien proposé présente des expositions de haute qualité d'un phénomène complexe d'impact de météorite facilement accessible. C'est un exemple représentatif de haute qualité d'une structure d'impact de météorite qui a une importance particulière en tant que preuve de la plus grande libération d'énergie connue par cette planète. Il s'agit de la seule exposition structurellement intacte du soubassement, en dessous du fond du cratère d'un très grand astéroïde. Le site fournit le seul profil qu'il est possible de cartographier et de restaurer, illustrant la genèse et le développement d'un astéroïde sur une très courte période de temps après l'impact. Une brève comparaison des trois plus grandes structures d'impact de météorite du monde est fournie au tableau 3. Les critères couvrent des aspects de l'importance par rapport aux aspects pertinents du critère naturel (i) du patrimoine mondial.

4. INTÉGRITÉ

4.1 Régime de propriété foncière

Le bien sériel proposé chevauche la rivière Vaal et se situe dans les provinces de l'État libre et du Nord-ouest. Il se compose de 149 propriétés privées, dont 91 sont situées dans la province du Nord-Ouest (18 859 ha) et 58 dans la province de l'État libre (11 252 ha). Il y a 600 ha de terres appartenant à l'État à l'intérieur de l'élément central proposé.

4.2 Gestion et cadre de planification

Les terrains du bien proposé sont avant tout agricoles, en concession et soumis aux règlements statutaires nationaux, provinciaux et de districts. La législation nationale suivante est applicable : Loi 49 de 1999 sur la Convention du patrimoine mondial ; Loi 25 de 1999 sur les ressources du patrimoine national ; Loi 107 de 1998 sur la gestion nationale de l'environnement et Loi 88 de 1967 d'aménagement du territoire. Au niveau provincial, les provinces du Nord-Ouest et de l'État libre ont adopté des ordonnances sur la conservation de la nature qui réglementent les aspects environnementaux du bien. Au niveau local, le bien proposé est placé sous l'égide des municipalités du nord de l'État libre ainsi que du district méridional du nord-ouest et de la municipalité locale de Potschefstroom (province du Nord-Ouest) et de Parys (province de l'État libre), et de leurs règlements sur l'environnement.

En décembre 2002, l'Agence des ressources du patrimoine national sud-africain a décidé, en principe, de faire de ce site un bien du patrimoine national soumis aux dispositions de la Loi 25 de 1999 sur les ressources du patrimoine national, sous réserve de la réalisation

Tableau 3 : Comparaison des trois plus grandes structures d'impact de météorite connues sur terre

Structure complexe d'impact de météorite	Diamètre (km)	Libération d'énergie estimée	Quelques expositions en surface	Totalement enfouie	Déformation subséquente	Lien avec d'importants événements de l'histoire de la Terre	Preuve de l'impact de météorite
Dôme de Vredefort, Afrique du Sud	380	87 millions mégatonnes (plus)	Oui	Non	Non	Impact à 2,2 milliards d'années (la fin d'un bombardement à grande échelle ?) limite eukaryote/ prokaryote?	HD; E; PG: Cour; Cour.mult.; Cent; PDP; Coes; Stish; Brec; FCt; Fonte (rare); FSD; Failles, Plis
Sudbury Canada	250	87 millions mégatonnes	Oui	Non	Oui	Impact à 1,8 milliards d'années	DEF; HD (partie sup.); Brec; Fonte ;
Chicxulub, Mexique	170	87 millions mégatonnes	Non	Oui	Non	60 millions d'années Fin des dinosaures	- Ce site est enfoui

Légende du tableau 3 : Preuves de structure d'impact de météorite**A) État de préservation**

HD : haut degré de préservation des preuves de l'impact de météorite

PG : preuve de paysage géomorphologique

DEF : preuve d'impact de météorite déformée

M : preuve d'impact météorisé

E : preuve d'impact de météorite érodée

B) Preuve d'impact de météorite

Cour : structure en couronne et synclinal annulaire

Cour mult : couronnes multiples

Cent : preuve de relèvement de la structure centrale

PDP : preuves de déformation plane (caractérisée par des effets microscopiques en quartz ou feldspath)

Stish : Quartz polymorphe minéral Stishovite

Coes : Quartz polymorphe minéral Coesite

Brec : brèche reliée à l'impact (mylonite à pseudo-tachylite)

Tab choc : brèche en tablette de chocolat (caractéristique d'une libération de stress dans un type de roche très dure)

FC : fracture conique

Fonte : fonte d'impact. Cristallisation de roche après une étape de fonte

Brec crat : brèches de remplissage de cratère

Eject : dépôts d'éjecta

FSD : faille de surface de détachement

Failles : preuves de nombreuses failles associées à la structure d'impact

Plis : plis et surplis associés à la structure d'impact

d'un plan d'aménagement et d'une étude du patrimoine culturel. Ce document est terminé (février 2005), mais aucun avis de déclaration officielle du bien du patrimoine national n'avait été reçu en mars 2005.

En 2004, des mesures et structures de gestion gouvernementale intérimaires ont été mises en place afin de reconnaître le statut éventuel de bien du patrimoine mondial du bien proposé. Il s'agit du *Vredefort Dome Inter-provincial Task Team* qui coordonne le processus d'acquisition du statut de bien du patrimoine mondial et assure de manière intérimaire la gestion technique et administrative (jusqu'à ce qu'un organe de gestion soit nommé en vertu de la Loi de 1999 sur la Convention du patrimoine mondial). L'*Inter-provincial Task Team* est chargé d'élaborer un plan de gestion intégrée pour le bien sériel, conformément à la Loi sur la Convention du patrimoine mondial. Dans le cadre de ce processus, la province du Nord-Ouest prépare un *plan de développement* (un plan spatial qui comprend une étude stratégique environnementale de la région) et un *plan de gestion (plan de zonage)*. Ces activités ont pour but d'améliorer les chances du dôme de Vredefort en tant que bien potentiel du patrimoine national et du patrimoine mondial. Un *Comité directeur du dôme de Vredefort* (auquel participent les municipalités de district et locales, des représentants

des gouvernements provincial et national) a été établi pour superviser le processus d'obtention du statut de patrimoine mondial et la nomination d'un organe de gestion. Un *Forum des acteurs du dôme de Vredefort* a été établi pour assurer la participation du public et sensibiliser au statut de patrimoine mondial et à l'établissement d'un organe de gestion.

Le *Vredefort Dome Bergland Conservancy* a été établi par des propriétaires privés dans la province du Nord-Ouest en tant que société de la section 21. Les principaux objectifs sont de convertir les propriétés privées de la région en une réserve naturelle volontaire afin de conserver les aspects uniques. Le Conservancy a préparé un plan de gestion pour faciliter ces objectifs qui sera présenté au *Forum des acteurs* et jouera un rôle important en vue de faciliter la participation des propriétaires privés aux affaires du bien proposé. Un *Vredefort Dome Conservancy* a également été établi dans la province de l'État libre par les propriétaires privés après la mission d'inspection de l'UICN.

4.3 Mécanismes traditionnels de protection

Il semblerait que l'agriculture intensive traditionnelle régresse dans le bien proposé et que l'on assiste à la restauration de la végétation naturelle, à l'implantation

de fermes de gibier et à la mise en place de l'écotourisme basé sur les caractéristiques naturelles ; il semblerait même que la région riveraine de la rivière Vaal devienne plus importante. L'excellente protection dont jouissent actuellement de nombreux sites géologiques exceptionnels et fragiles s'explique par l'absence générale de publicité et le fait que leur importance n'est pas connue.

4.4 Appui du public

Des consultations avec des responsables aux niveaux national, provincial et municipal, des représentants élus et des écoliers démontrent qu'il y a un appui important pour le bien proposé. L'appui des 149 propriétaires privés concernés par la proposition sérielle et leur connaissance du statut éventuel de bien du patrimoine mondial ont également été évalués. Avec l'aide du Dome Bergland Conservancy, il a été déterminé que tous les propriétaires concernés par le bien proposé ne sont peut-être pas conscients du statut potentiel de patrimoine mondial pour leurs terres ni des ramifications de ce statut. C'est une chose que reconnaît l'Inter-provincial Task Team, et le Forum des acteurs a été chargé de sensibiliser à la proposition. En février 2005, ce travail n'était pas encore terminé. Les propriétaires de trois sites satellites séparés de l'élément central ont été contactés et soutiennent la proposition.

4.5 Gestion du bien

L'*Inter-provincial Task Team* a assumé la gestion du bien proposé pour la période intérimaire à partir de 2004. Les activités privées agricoles, d'écotourisme et d'élevage de gibier se poursuivront dans le bien proposé. Des dispositions de planification spéciale seront requises pour garantir la protection des caractéristiques paysagères de la structure d'impact de météorite. La gestion active de chaque site sera nécessaire pour protéger les trois sites satellites.

4.6 Limites

Les routes ont été utilisées pour définir les limites de l'élément central du bien proposé. Il s'agit de limites claires. Chacun des trois autres sites composant la proposition sérielle est situé dans des terres agricoles ouvertes et sera clôturé pour identifier les limites. Les trois sites ont été identifiés (février 2005) comme circulaires autour d'un affleurement géologique et couvrant environ 1 ha. Ces limites circulaires sont interprétées comme indicatives et des limites pratiques et définitives sont nécessaires. En outre, le site disjoint de l'est (le site de pseudo-tachylite) est immédiatement adjacent à la zone centrale qui pourrait être, éventuellement, étendue pour l'inclure.

4.7 Menaces

Les principales menaces à l'intégrité et au fonctionnement du bien proposé sont :

Au niveau des sites : vol ou vandalisme des preuves géologiques

Les trois sites satellites - le site de stromatolites, le site de brèches en tablette de chocolat et le site de fissures

coniques - sont tous vulnérables au vol et au vandalisme et nécessitent gestion et supervision. Deux des sites composants au moins (le site de stromatolites et le site de brèches en tablette de chocolat) sont tellement spécifiques, précieux et vulnérables qu'il pourrait être nécessaire de créer de petits bâtiments d'exposition spéciaux et d'instaurer une supervision sur place pour les protéger en permanence.

Au niveau du bien proposé : développement

Le paysage essentiellement rural et naturel du bien proposé et le paysage en couronne ajoutent à l'intégrité du bien proposé. Pour apprécier l'immensité de la structure en couronne de l'impact météoritique, il faut une vue à l'échelle du paysage. L'urbanisation de certaines parties ou de tout le bien proposé diminuerait la valeur paysagère naturelle et rurale et l'impact du paysage en couronne. L'urbanisation aurait aussi des incidences sur les autres valeurs naturelles importantes. Des mesures de développement prises de manière indépendante par les propriétaires dans le bien proposé pourraient aussi avoir un impact. L'exploitation minière n'est pas considérée comme une menace pour le bien proposé mais les carrières de granit pourraient l'être. La pollution de la rivière Vaal diminue les valeurs naturelles de la région.

Tourisme et accès des visiteurs

Il faudra obtenir l'accès légal pour les visiteurs aux trois petits éléments du bien et l'accès devra être négocié avec les propriétaires privés dans le bien proposé. Un accès non coordonné et non supervisé du tourisme pourrait menacer l'intégrité des preuves géologiques et causer des impacts à l'accès et au panorama à l'échelle du paysage. Le développement touristique non planifié pourrait mettre en péril l'intérêt paysager du bien. En conséquence, il faudra une gestion active du tourisme.

4.8 Respect de toutes les « conditions d'intégrité » pertinentes

Les conditions d'intégrité du patrimoine mondial pour la proposition du dôme de Vredefort sont les suivantes :

Section 44 b (i): contenir la totalité ou la plupart des éléments connexes et interdépendants

Le bien sériel proposé comprend des sites géologiques clés qui démontrent un phénomène complexe classique de structure d'impact de météorite.

Section 44 b (v):[devrait] faire l'objet de plans de gestion
Le bien sériel proposé n'a pas à l'heure actuelle de plan de gestion. L'*Inter-provincial Task Team* est en train d'étudier et de préparer ce plan.

Section 44 b (vi) [devrait] avoir une protection législative, réglementaire ou institutionnelle adéquate à long terme
L'état de propriété privée de la majeure partie du bien sériel proposé nécessitera des mesures d'aménagement du territoire spéciales pour garantir la protection du paysage rural/naturel esthétique et des éléments satellites du site, permettre l'accès du public et rendre possible une gestion active pour la conservation. Ces dispositions sont cruciales. L'*Inter-provincial Task Team* est en train d'étudier la question. Des limites pratiques finales pour les trois sites

satellites composant la proposition sérielle doivent être clairement établies et précisées.

5. APPLICATION DES CRITÈRES DU PATRIMOINE MONDIAL/IMPORTANCE

Le dôme de Vredefort est proposé pour inscription au titre du critère naturel (i).

Critère (i) : histoire de la terre et processus géologiques

Le dôme de Vredefort est la structure d'impact de météorite la plus ancienne, la plus grande et la plus profondément érodée du monde. Il s'agit du phénomène de libération d'énergie le plus important du monde. Il contient des sites géologiques accessibles et de haute qualité qui apportent une gamme de preuves géologiques attestant une structure d'impact météoritique complexe. Les paysages rural et naturel du bien sériel permettent de concevoir l'ampleur des structures en couronne qui résultent de l'impact. La proposition sérielle est considérée comme un exemple représentatif de cette structure d'impact météoritique. Une analyse comparative complète avec d'autres structures d'impact météoritique complexes a démontré qu'il s'agit du seul exemple sur la Terre fournissant un profil géologique complet d'un astroblème en dessous du fond du cratère permettant ainsi des travaux de recherche sur la genèse et le développement d'un astroblème immédiatement après l'impact. L'UICN considère que le bien proposé remplit ce critère.

6. PROJET DE DÉCISION

L'UICN recommande que le Comité adopte le projet de décision suivant :

Le Comité du patrimoine mondial,

1. Ayant examiné le Document WHC-05/29.COM/8B.
2. Inscrit le dôme de Vredefort, Afrique du Sud, sur la Liste du patrimoine mondial sur la base du critère naturel (i)

Critère (i) : *Le dôme de Vredefort est la structure d'impact de météorite la plus ancienne, la plus grande et la plus profondément érodée du monde. Il s'agit du phénomène de libération d'énergie le plus important du monde. Il contient des sites géologiques accessibles et de haute qualité qui apportent une gamme de preuves géologiques attestant une structure d'impact météoritique complexe. Les paysages rural et naturel du bien sériel permettent de concevoir l'ampleur des structures en couronne qui résultent de l'impact. La proposition sérielle est considérée comme un exemple représentatif de cette structure d'impact météoritique. Une analyse comparative complète avec d'autres structures d'impact météoritique complexes a démontré qu'il s'agit du seul exemple sur la Terre fournissant un profil géologique complet d'un astroblème en dessous du fond du cratère permettant ainsi des travaux de recherche sur la genèse et le*

développement d'un astroblème immédiatement après l'impact.

3. Notant que le statut de propriété privée de la majorité du bien proposé nécessite une gestion et une collaboration spéciale avec les propriétaires pour garantir l'intégrité du bien,
4. Demande à l'État Partie de définir clairement les limites légales des trois sites satellites composant le bien sériel ;
5. Demande à l'État Partie de terminer et de mettre en œuvre le plan de gestion pour tout le bien dans les deux années qui suivront l'inscription et de garantir que ce plan bénéficie de l'appui des principaux acteurs ;
6. Demande enfin à l'État Partie d'inviter une mission de l'UICN à se rendre sur place dans les deux ans qui suivront l'inscription afin d'évaluer les progrès accomplis du point de vue des mesures demandées plus haut.

Carte 2: Limites du bien proposé

