

UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA
Facultatea de Biologie și Geologie
Școala Doctorală Biologie Integrativă

Teză de doctorat
-rezumat-

Student-doctorand:
Roxana Teodora Pătruț

Conducător științific:
Prof. Univ. Dr. László Rákosy

Cluj-Napoca
2020

UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA
Facultatea de Biologie și Geologie
Școala Doctorală Biologie Integrativă

**Investigarea unor baobabi superlativi (*Adansonia* spp.)
prin datare cu radiocarbon prin AMS în vederea
determinării vârstei, arhitecturii și vitezelor de
creștere, respectiv prin analiză de izotopi stabili în
vederea studiului climatic**

Student-doctorand:
Roxana Teodora Pătruț

Conducător științific:
Prof. Univ. Dr. László Rákosy

Cluj-Napoca
2020

Cuprins

Surse de finanțare.....	3
Abrevieri, termeni explicativi și cuvinte-cheie.....	3
Capitolul I. Introducere.....	5
1. Obiective.....	5
2. Genul <i>Adansonia</i>	6
2.1. Generalități.....	6
2.2. Cladistică, specii, distribuție, utilizare și conservare.....	6
2.2.1. <i>Adansonia</i> secțiunea <i>Brevitubae</i>	7
2.2.2. <i>Adansonia</i> secțiunea <i>Longitubae</i>	7
2.2.3. <i>Adansonia</i> secțiunea <i>Adansonia</i>	8
3. Datarea cu radiocarbon: Aplicații în dendrocronologie	9
Capitolul II. Metodologie.....	10
Capitolul III. Particularități ale genului <i>Adansonia</i> (exemplificate și explicate prin investigarea baobabului din Warang)	12
1. Trunchiuri multiple.....	12
2. Trunchiuri false.....	13
3. Tipuri de arhitectură pentru baobabi cu trunchiuri multiple: Structuri inelare și cavități false.....	14
3.1. Structura inelară închisă.....	14
3.2. Structura inelară deschisă.....	15
Capitolul IV. Fenomenul de oprire a creșterii la baobabi.....	18
1. Baobabii și locația lor.....	18
2. Recoltarea mostrelor.....	20
3. Interpretarea rezultatelor.....	20
Capitolul V. Recorduri.....	23
1. Baobabii superlativi din rezervația Savé Valley: În căutarea celui mai vârstnic baobab în viață.....	23
1.1. Baobabii și locația lor.....	23
1.2. Recoltarea mostrelor.....	25
1.3. Rezultate AMS și vârste calibrate.....	25
1.4. Arhitectura baobabului Humani Bedford.....	27
1.5. Vârsta baobabului Humani Bedford.....	27
2. Pe urmele celui mai mare baobab: Baobabul Grandidier din Isosa.....	28
2.1. Baobabul și locația sa.....	28
2.2. Recoltarea mostrelor.....	28
2.3. Arhitectura și vârsta baobabului Grand Reniala.....	28
Capitolul VI. Baobabul african Chapman: aspecte istorice și științifice.....	30
1. Investigare cu radiocarbon.....	30
1.1. Baobabul și locația sa.....	30
1.2. Recoltarea mostrelor.....	31
1.3. Determinarea conținutului de apă.....	31
1.4. Rezultate AMS și vârste calibrate.....	31
1.5. Vârstele trunchiurilor/vârsta baobabului Chapman.....	32
1.6. Arhitectura baobabului Chapman.....	32
1.7. Prăbușirea baobabului Chapman.....	32
2. Schimbările climatice în sudul Africii.....	34
3. Reconstrucție paleoclimatică.....	35
3.1. Recoltarea și pregătirea mostrelor.....	35

3.2. Datarea cu radiocarbon și obținerea modelului de vârstă.....	35
3.3. Analiza statistică și erorile modelului de vârstă.....	35
3.4. Influența activității solare.....	37
3.5. Influența ENSO.....	37
3.6. Influența SST.....	37
3.7. Compararea cu reconstrucția regiunii Limpopo, Africa de Sud.....	38
Capitolul VII. Schimbări climatice și declinul celor mai vârstnici și mari baobabi africani.....	39
1. Baobabul cel mai vârstnic.....	39
2. Baobabul cel mai faimos.....	40
3. Baobabul cel mai mare.....	40
Capitolul VIII. Concluzii.....	44
Performanța științifică.....	46
Mulțumiri.....	49
Bibliografie.....	50

Surse de finanțare: Prezenta teză de doctorat a beneficiat de finanțare de la Ministerul Educației Naționale CNCS-UEFISCDI, prin proiectul de cercetare exploratorie de tip IDEI cod PN-II-ID-PCE-2012-4-0393, număr 76/2013, respectiv de la Ministerul Cercetării și al Inovării prin proiectul de cercetare exploratorie de tip IDEI cod PN-III-P4-ID-PCE-2016-0776, număr 90/2017.

Abrevieri și termeni explicativi:

AMS – „Accelerator Mass Spectrometry” (Spectrometrie de masă cu accelerator).

stem – tulpină; cuvânt folosit în prezenta lucrare cu următorul sens: un arbore are o singură tulpină. O tulpină poate conține mai multe trunchiuri.

trunk – trunchi; cuvânt folosit în prezenta lucrare cu următorul sens: o tulpină poate fi compusă din mai multe trunchiuri mai mult sau mai puțin fuzionate, cu coroane mai mult sau mai puțin distincte.

multi-stemmed – trunchiuri multiple (tulpină cu mai multe trunchiuri).

IUCN – „International Union for Conservation of Nature”, Uniunea internațională pentru conservarea naturii, care este autoritatea mondială pentru statutul lumii naturale și măsurilor necesare de protecție.

LC – Clasificare în Lista Roșie IUCN „Least Concern”, specie neamenințată.

NT – Clasificare în Lista Roșie IUCN „Near Threatened”, specie aproape amenințată.

EN – Clasificare în Lista Roșie IUCN „Endangered”, specie amenințată.

cbh – „Circumference at breast height”, adică circumferință măsurată la nivelul pieptului, la o înălțime standard de 1,30 m de la nivelul solului.

N/A – „not available” (indisponibil).

IPCC – „Intergovernmental Panel on Climate Change”, Grupul interguvernamental de experți în evoluția climei, care este o organizație subordonată Națiunilor Unite, formată pentru a oferi informații obiective, științifice și relevante despre schimbările climatice.

SST – „Sea Surface Temperature”, temperatura apei marine (oceanice) la suprafață.

ENSO - „El Niño–Southern Oscillation”, secvență de anomalii semnificative ale temperaturii apei în Oceanul Pacific ecuatorial și tropical de est.

TTT – „Tropical Temperate Troughs”, Depresiuni tropicale temperate.

LIA – „Little Ice Age”, Mica Eră Glaciară.

MWP – „Medieval Warm Period”, Perioada Caldă Medievală.

CE – „Common Era” (Era comună) folosit în loc de **AD** („Anno Domini”).

BCE – „Before Common Era” (Înainte de Era comună) folosit în loc de **BC** („Before Christ”).

LTSB – „long triangular stem buttress”, adică un contrafort sub formă de trunchi lung triunghiular sau trapezoidal în secțiune orizontală, cu rol de ancoră. Denumire alternativă pentru trunchi fals, o structură arhitecturală întâlnită la baobabii africani.

proxy (indicator) – (indicator) proxy sau arhiva proxy este o variabilă utilizată ca măsurătoare indirectă (estimativă sau reprezentativă) a unui fenomen. Proxy-urile sunt o alternativă în absența măsurărilor directe.

Cuvinte-cheie: baobabi; arbori superlativi; determinarea vârstei; structuri inelare; cavități false; reconstrucție paleoclimatică; datare cu radiocarbon; analiză de izotopi stabili; arhitectura trunchiurilor; arbori tropical

Capitolul I. Introducere

1. Obiective

Teza de doctorat reprezintă o continuare a cercetărilor asupra vârstei, dezvoltării și arhitecturii baobabului african, începute în anul 2005. Obiectivele inițiale ale cercetării au urmărit găsirea unor răspunsuri la următoarele 3 întrebări principale:

- i) sunt baobabii africani arbori centenari sau milenari?
- ii) de ce există diferențe atât de mari de arhitectură între baobabi?
- iii) de ce anumite cavități ale baobabilor au pereții interiori acoperiți de scoarță?

Pentru a obține răspunsurile urmărite, s-a folosit o metodologie modernă și originală, bazată pe datarea cu radiocarbon prin AMS („accelerator mass spectrometry”) a unor mostre de lemn foarte mici. Aceste cercetări complexe au stabilit că reprezentanții genului *Adansonia* sunt arbori cu particularități și caracteristici singulare, care nu mai sunt întâlnite la alte specii din lumea vegetală. Astfel, scopul tezei de doctorat este continuarea datării cu radiocarbon a baobabilor monumentali, la care se adaugă o nouă componentă, și anume analiza de izotopi stabili în vederea reconstrucției paleoclimatice a zonei investigate. Noile întrebări, și totodată obiective ale continuării cercetărilor prezentate în teza de doctorat, pot fi rezumate astfel:

- i) care este numărul maxim de trunchiuri pe care le poate avea baobabul african?
- ii) de ce anumite trunchiuri sunt triunghiulare sau trapezoidale în secțiune longitudinală?
- iii) de ce anumite zone lemnoase adiacente scoarței sunt bătrâne în loc să fie foarte tinere?
- iv) care este cel mai bătrân baobab în viață cu rezultate determinate științific?
- v) care este cel mai mare baobab cunoscut, în termeni de volum?
- vi) datarea cu radiocarbon a celui mai celebru baobab african (baobabul Chapman) și identificarea factorilor care au determinat prăbușirea sa;
- vii) care este limita superioară de vârstă a baobabului african?
- viii) reconstrucția climatică pentru centrul Botswanei în ultimul mileniu, prin utilizarea baobabului Chapman ca indicator proxy;
- ix) verificarea tendinței actuale de aridificare a Botswanei;
- x) verificarea ipotezei deplasării depresiunilor tropicale temperate spre est în timpul Micii Ere Glaciare;
- xi) contextul și consecințele prăbușirii baobabilor monumentali din sudul Africii.

2. Genul *Adansonia*

2.1. Generalități.

Denumirea genului *Adansonia* a fost stabilită de Carl von Linné, care a denumit genul în onoarea lui Michel Adanson (Linnaeus, 1753; 1759), cel care a făcut prima descriere științifică a baobabului african. Cuvântul *digitata* a fost inspirat de frunzele palmat-compuse, care se aseamănă cu degetele unui om (Adanson, 1761).

Baobabul aparține familiei Malvaceae, care face parte din subfamilia Bombacoideae, tribul Adansonieae, clada endocarpului spongios (Carvalho-Sobrinho și colab., 2016).

Printre aspectele morfologice comune baobabilor se remarcă o tulpină relativ mare și lată, (masivă) în formă de butelie și o coroană destul de compactă. Lemnul fibros și moale, are capacitatea de stocare a unor cantități însemnate de apă (Guy, 1970; Wickens and Lowe, 2008). Baobabul este considerat succulentă cu trunchi/tulpină (în engleză „stem-succulent tree”), termen utilizat pentru grupul funcțional de arbori tropicali cu distribuție naturală în zone aride și semiaride, care exercită un control stomatal puternic pentru evitarea dezechilibrului hidric cauzat de pierderi de apă (Chapotin și colab., 2006a, 2006b; De Smedt și colab. 2012; Rutherford și colab., 2018).

Pe lângă capacitatea de stocare a apei în trunchi, asemenea arbori pot efectua fotosinteza și în scoarță, i.e. fotosinteză reciclată de trunchi (în engleză „stem recycling photosynthesis”), fără consum suplimentar de apă (Cernusak și Cheesman, 2015; Ávila-Lovera și Ezcurra, 2016). Accesarea și reciclarea resurselor disponibile la nivel local asigură o rezistență mai mare la secetă și reprezintă o adaptare la zonele aride și semiaride.

2.2. Cladistică, specii și distribuție.

Genul *Adansonia* prezintă o distribuție naturală aproape exclusiv tropicală și este reprezentat de 8 sau 9 specii, și anume: *A. gregorii* syn. *gibbosa* F. Mull./A. Cunn. pe continentul australian, 6 specii endemice Madagascarului (*A. madagascarensis* Baill., *A. grandidieri* Baill., *A. suarezensis* H. Perr., *A. perrieri* Capuron, *A. za* Baill., *A. rubrostipa* Jum. și H. Perr.) și 1-2 specii în Africa continentală, respectiv *A. digitata* L. și *A. kilima* Pettigrew și colab. Genul a fost puternic răspândit în toate zonele subtropicale (Wickens 1983, Wickens and Lowe 2008, Bell și colab., 2015).

În 2012, în urma unor noi analize genetice și morfologice, Pettigrew și colab. au descris o specie nouă, diploidă, identificată în Zambia, Tanzania, Kenia, Namibia și Africa de Sud, care a fost denumită *A. kilima*. Cu toate acestea, Cron și colab. (2016) contrazic descoperirea și sugerează o diversitate intraspecifică foarte ridicată. În lucrarea de față, ambele specii sunt prezentate și sub denumirea comună de „baobab african”.

Cladistică. Diferențierea morfologică a florii a determinat clasificarea baobabilor în 3 secțiuni (Hochreutiner 1908), divizare revizuită (Baum, 1995) și confirmată la nivel genetic (Baum și colab., 1998). Cele 3 secțiuni sunt: *Adansonia* secțiunea *Brevitubae* Hochreutiner, *Adansonia* secțiunea *Longitubae* Hochreutiner și *Adansonia* secțiunea *Adansonia* Hochreutiner (Hochreutiner, 1908; Baum, 1995; Baum și colab., 1998; Pettigrew și colab., 2012).

2.2.1. *Adansonia* secțiunea *Brevitubae*. Secțiunea cuprinde speciile *A. suarezensis* și *A. grandidieri*.

A. suarezensis are o distribuție foarte restrânsă (72 km²) la nordul Madagascarului, într-o zonă cu soluri calcaroase și păduri de foioase (Baum, 1995; Madagascar Catalogue, 2018; IUCN, 2019) Baobabul lui Suarez a fost încadrat în categoria specie amenințată (EN) în 2015 conform IUCN.

A. grandidieri are o distribuție naturală pe o suprafață de 20.000 km² în sud-vestul insulei. Baobabul Grandidier este unul dintre cei mai reprezentativi arbori malgași. Specia evaluată în 2016 face parte din categoria IUCN specie amenințată (EN) (Ravaomanalina and Razafimanahaka, 2016).

În anul 2018, cel mai mare și bătrân baobab Grandidier, Tsitakakoike, s-a prăbușit după 3 ani de secetă continuă. Primele precipitații au căzut din abundență în anotimpul ploios 2018-2019 și au provocat inundații severe. Recent, un alt baobab Grandidier a fost măsurat și a devenit cel mai mare arbore angiosperm din lume (vezi capitolul V; Patrut R.T. și colab., 2019). Acest exemplar monumental se află la doar câțiva km de gigantul Tsitakakoike (volum total 520 m³). Tsitakakoike avea o vârstă determinată prin datare cu radiocarbon de 1400 ± 100 ani, devenind a treia specie de angiosperm milenar din lume (Patrut A. și colab., 2015b).

2.2.2. *Adansonia* secțiunea *Longitubae*. Secțiunea cuprinde speciile *A. rubrostipa*, *A. madagascariensis*, *A. za.*, *A. perrieri* și *A. gregorii*.

A. rubrostipa este distribuit pe coasta de vest a Madagascarului pe o arie de 20.000 km² Conform reviziei din 2018, este încadrat ca specie neamenințată (LC) (Letsara și colab., 2019b).

În anul 2015, *A. rubrostipa* a devenit a doua specie de baobab milenară cu datare exactă, prin exemplarul Bunica („Grand-mère”) din parcul național Tsimanampetsotsa cu o vârstă de ca. 1600 ani (Patrut A. și colab., 2015c).

A. madagascariensis are o distribuție naturală pe o suprafață de ca. 35.000 km², din regiunea Ambongo în nord-vest până la Antsiranana, în nord. Conform IUCN, *A.*

madagascariensis a fost clasificat ca specie aproape amenințată (NT) în 1998 (World Conservation Monitoring Centre, 1998a).

Specia *A. za* este prezentă în vestul Madagascarului, din sudul insulei până în nordul coastei de vest, pe o arie de aproximativ 130.000 km². Această specie are o aplicație vitală, fiind utilizat ca și cisternă de populația mahafaly. Baobabului *za* i s-a atribuit categoria specie neamenințată (LC) (Letsara și colab., 2019c). Cel mai mare baobab *za* este Anzapalivoro (în mahafaly „za-ul sacru, palatul păsărilor”), cu o vârstă de ca. 900 ani și dimensiunile $h = 26,3$ m și $cbh = 22,25$ m.

Specia de pădure *A. perrieri* este baobabul cu numărul cel mai redus de exemplare, ca. 152-250, limitat la nordul Madagascarului, între masivul muntos Ankarana (Massif d'Ankarana) la sud și rezervația Fort d'Ambre la nord. Conform catalogării IUCN, *A. perrieri* a obținut statutul de specie critic amenințată (CR) (Letsara și colab., 2019a).

A. gregorii este răspândit în regiunea Kimberley din Australia de Vest (Western Australia) și regiunea râului Victoria din Teritoriului de Nord (Northern Territory). Conform catalogării IUCN din 2019, populația este stabilă și inclusă la speciile neamenințate cu dispariția (cu probabilitate mică de dispariție) (BGCI și IUCN, 2019).

2.2.3. *Adansonia secțiunea Adansonia.* În această secțiune se încadrează speciile *A. digitata* și *A. kilima*.

Baobabul african are o distribuție naturală în Africa sub-sahariană, cu preferință pentru zonele semiaride. Toleranța sa ecologică este foarte ridicată, el se poate dezvolta pe orice substrat, chiar și pe granit (Slotta și colab., 2017).

Baobabul african are peste 300 întrebuițări documentate (Gebauer și colab., 2016) și reprezintă o plantă medicinală importantă, fiind inclus și în categoria superalimente (superfoods) (Vincenzo, 2013). Fiecare parte a sa are multiple întrebuițări. De asemenea, baobabul se remarcă și prin capacitatea sa extraordinară de regenerare; el supraviețuiește chiar și fără scoarță, pe care o poate reface în timp (Wickens and Lowe, 2008; Kotina și colab., 2017). Baobabul este catalogat drept cel mai bătrân angiosperm cu date prin metode științifice (Patrut A. și colab., 2018).

Taxonul nu este înregistrat în Lista Roșie IUCN și poate fi considerat cosmopolit (Cuni Sanchez și colab., 2010; IUCN, 2019).

Baobabul african (*A. digitata*) este angiospermul cu cea mai mare circumferință măsurată, prin exemplarul cunoscut sub numele de Holboom ($cbh = 35,10$ m). Baobabul african este al doilea ca volum de lemn în rândul angiospermelor (după *A. grandidieri*) prin baobabul Platland/Sunland care a avut un volum de $V = 501$ m³ (Patrut A. și colab., 2011; Patrut A. și colab., 2017b).

3. Datarea cu radiocarbon: Aplicații în dendrocronologie

În 2005, o echipă de cercetare condusă de Adrian Patrut, a început investigarea genului *Adansonia*, printr-o metodologie originală (Patrut A. și colab., 2007; 2010c; 2011; Patrut R.T., 2013; 2015a), care prevede recoltarea de mostre direct din arbori vii verticali și datarea mostrelor de lemn recoltate din aceștia. Astfel, în anul 2007, Patrut A. și colab. au datat cu radiocarbon prin AMS primul baobab african uriaș, denumit Grootboom („arborele mare” în limba afrikaans). Acest baobab din Namibia a devenit primul angiosperm milenar din lume cu datare exactă (Patrut A. și colab., 2007).

Datarea cu radiocarbon prin AMS reprezintă singurul mod pentru determinarea precisă a vârstei arborilor superlativi, adică arbori cu dimensiuni mari și/sau vârstă înaintată.

Capitolul II. Metodologie

Măsurători metrice, precum înălțimea baobabilor investigați, circumferința la nivelul pieptului (cbh, adică la 1,30 m de la sol) și volumul total s-au determinat cu exactitate. Măsurătorile efectuate de către alți cercetători sau cele din literatură au fost, de asemenea folosite drept referințe.

S-au **recolat mostre** din cavități interioare și/sau anumite părți exterioare ale trunchiurilor, la înălțimi convenabile și accesibile, precum și din trunchiuri prăbușite sau rupte. Carotarea s-a efectuat cu burghie incrementale Haglöf de lungimi variabile, cuprinse între 0,60-1,50 m (Fig.1). După fiecare utilizare, burghiul incremental s-a curățat și dezinfectat. Fiecare punct de recoltare a fost sigilat pentru a preveni pătrunderea agenților patogeni în lemn.

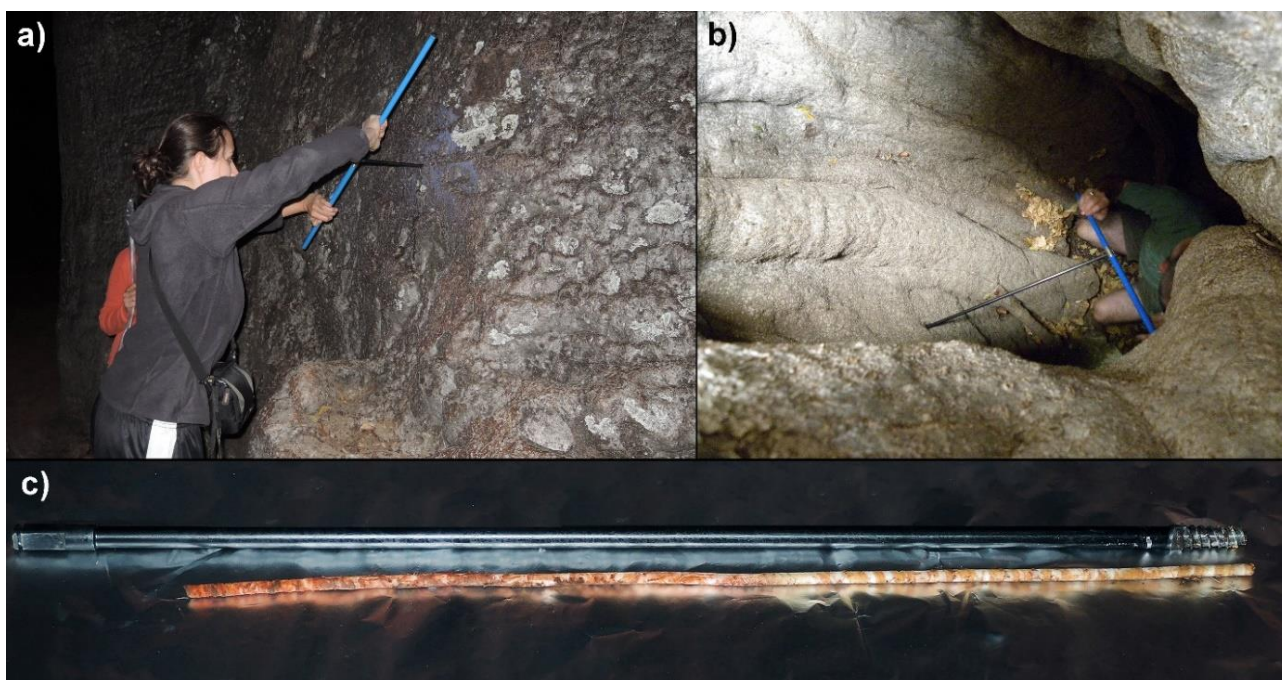


Figura 1. Carotarea mostrelor cu un burghiu incremental Haglöf din exteriorul tulpinii unui baobab (a) și din interiorul unei cavități false (b). Moștra de lemn extrasă din burghiul incremental dispusă pentru comparație (c).

Pentru determinarea vârstei s-au **selectat și extras segmente** cu lungime 0,001 m din poziții predeterminate ale mostrelor recoltate. Acestea au fost pretratate și, ulterior, datate cu radiocarbon.

Segmentele de lemn selectate pentru datarea cu radiocarbon prin AMS au urmat 3 etape de **pregătire**:

- i) pretratarea pentru izolarea celulozei;
- ii) arderea celulozei la CO_2 ;
- iii) reducerea CO_2 la grafit.

Într-un final, **măsurătorile de radiocarbon prin AMS** au fost efectuate pe mostrele de grafit rezultate.

Rezultatul măsurătorilor AMS se exprimă printr-o valoare a fracției carbon modernă. Vârsta radiocarbon, exprimată în ani ^{14}C BP (ani radiocarbon before present, adică înainte de anul de referință 1950), se calculează cu ajutorul valorii $\delta^{13}\text{C}$ corectate a fracției moderne (Fm) după formula:

$$\text{Vârsta radiocarbon} = -8033 \ln(\text{Fm})$$

Eroarea vârstei radiocarbon se obține prin înmulțirea valorii 8033 cu eroarea relativă Fm. Vârstele radiocarbon și erorile corespunzătoare, au fost rotunjite la cel mai apropiat an.

Pentru stabilirea vârstei calendaristice, se face o **calibrare** pentru conversia vârstei radiocarbon (Stuiver și Polach, 1997). Calibrarea se efectuează prin aplicarea unei curbe de calibrare potrivită. În lucrarea de față, vârstele radiocarbon au fost convertite în vârste calendaristice (exprimate în ani calendaristici) cu programul OxCal varianta 4.3 (Bronk Ramsey, 2009). S-au utilizat setul atmosferic SHCal13 (Hogg și colab., 2013), IntCal13 (Reimer și colab., 2013) și Bomb SH1-2 (Hua și colab., 2013).

Intervalele calendaristice de vârstă sunt exprimate în ani cal CE, adică ani calibrați Common Era (era noastră). Aceste intervale sunt redat pentru probabilitatea de distribuție selectată, anume 1σ (68,2%) și/sau 2σ (95,4%). Intervalul (intervalele) notat(e) cu aldine a (au) fost selectat(e) pentru calcularea **vârstelor calendaristice unice**, exprimate în ani calendaristici.

Pentru obținerea unei vârste calendaristice unice, s-a calculat o valoare medie din intervalul ales pentru fiecare segment (mostră), marcat cu aldine. Vârstele calendaristice reprezintă diferența dintre anul 2020 CE (sau anul în care a murit trunchiul/baobabul) și valoarea medie a intervalului selectat, cu eroarea corespunzătoare. Vârstele calendaristice și erorile au fost rotunjite la cei mai apropiați 5 ani.

Pentru baobabul african Chapman, s-a efectuat **analiza de izotopi stabili** ai carbonului în vederea reconstrucției paleoclimatice.

Pregătirea și pretratarea mostrelor/segmentelor. Mostrele de lemn au fost secționare, obținându-se segmente care să corespundă, pe cât posibil, unui inel de creștere. Pretratarea segmentelor implică extracții Soxhlet și metoda de extragerea a α -celulozei a lui Loader și colab. (1997). O parte alicotă de $5-6 \times 10^{-5}$ g din fiecare segment pretrat a fost supusă analizei raportului $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, notat cu $\delta^{13}\text{C}$.

Capitolul III. Particularități ale genului *Adansonia* (exemplificate prin investigarea baobabului din Warang)

1. Trunchiuri multiple

În localitatea Warang, regiunea Thiès, Senegal, se găsește un baobabul cu cea mai mare circumferință din emisfera nordică (Patrut A. și colab., 2017a).



Figura 2. Baobabul din Warang, Senegal, este format din 18 trunchiuri mai mult sau mai puțin fuzionate.

Baobabul din Warang, aflat la $14^{\circ}22.250'$ N, $016^{\circ}56.330'$ W, are următoarele dimensiuni: $h = 22,1$ m, $cbh = 28,69$ m și $V = 250$ m³. Baobabul din Warang este format din 18 trunchiuri, ceea ce reprezintă un record pentru genul *Adansonia* (Fig. 2).

Metodologia inovativă dezvoltată de Patrut (Patrut A. și colab., 2006a, 2006b, 2007, 2010a), a permis identificarea fenomenului de trunchiuri multiple pentru baobabi cu trunchi aparent unic. Acest fenomen contribuie la realizarea uneia dintre cele mai stabile arhitecturi ale *Adansonia* spp. (Patrut A. și colab., 2018; 2016a; 2015c; 2015b; Patrut R.T., 2015).

Cercetările demonstrează că, toți baobabii cu o circumferință de cel puțin 14 m ($cbh \geq 14$ m), au trunchiuri multiple. Acest fapt se explică prin abilitatea neobișnuită a baobabilor de a forma periodic trunchiuri noi.

Trunchiurile noi pot fuziona în timp, mai mult sau mai puțin, între ele sau cu alte trunchiuri mai vechi. Astfel, structura baobabilor devine tot mai complexă, iar singura modalitate de a detecta cu precizie arhitectura și geneza lor, este datarea cu radiocarbon.

2. Trunchiuri false

Baobabul din Warang are și o cavitate în formă de clopot, cu două trunchiuri suplimentare la intrare. Mai multe mostre de lemn s-au recoltat cu ajutorul unui burghiu incremental, și anume. 2 mostre din pereții cavității (3 segmente datate, notate 1a, 1b și 2a) și 2 dintr-un trunchi fals (2 segmente datate, notate TF-1 și TF-2). Mostra TF-1 provine de la baza trunchiului fals, adică din apropierea punctului de fuziune al trunchiurilor iar mostra TF-2 provine din mijlocul aceluiași trunchi fals (Fig. 3).

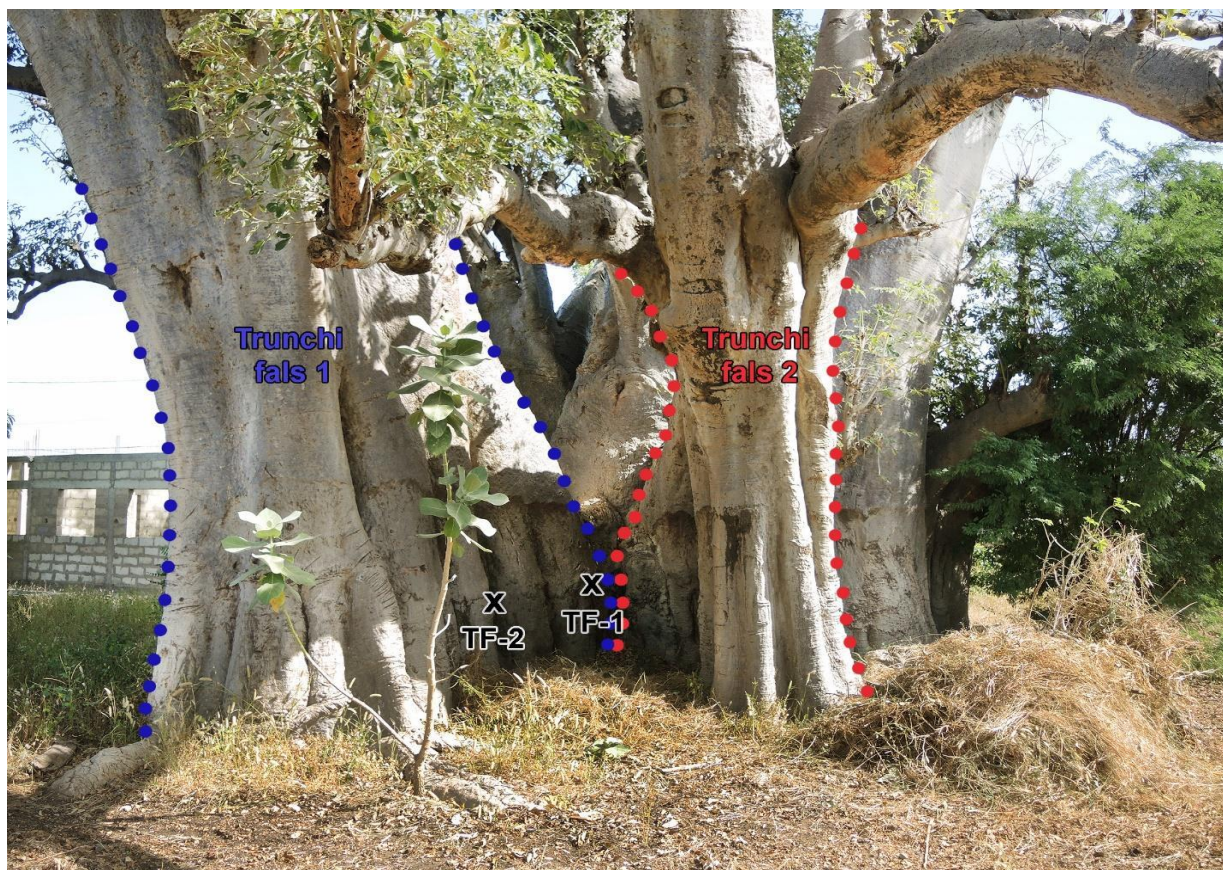


Figura 3. Cele 2 trunchiuri false dispuse în V ale baobabului din Warang sunt figurate cu contur albastru și roșu. Punctele de recoltare ale mostrelor TF-1 și TF-2 sunt marcate cu „X”.

Vârstele radiocarbon obținute ale mostrelor provenite din trunchiul fals, 262 ± 22 și 157 ± 24 BP, corespund unor vârste calibrate de 370 ± 15 (TF-1) și 265 ± 25 (TF-2) ani calendaristici. Rezultatele obținute pentru TF-1 și TF-2 demonstrează că vârsta cea mai mare se află la contactul (superior) cu trunchiul adiacent din care s-a dezvoltat (Fig. 4).

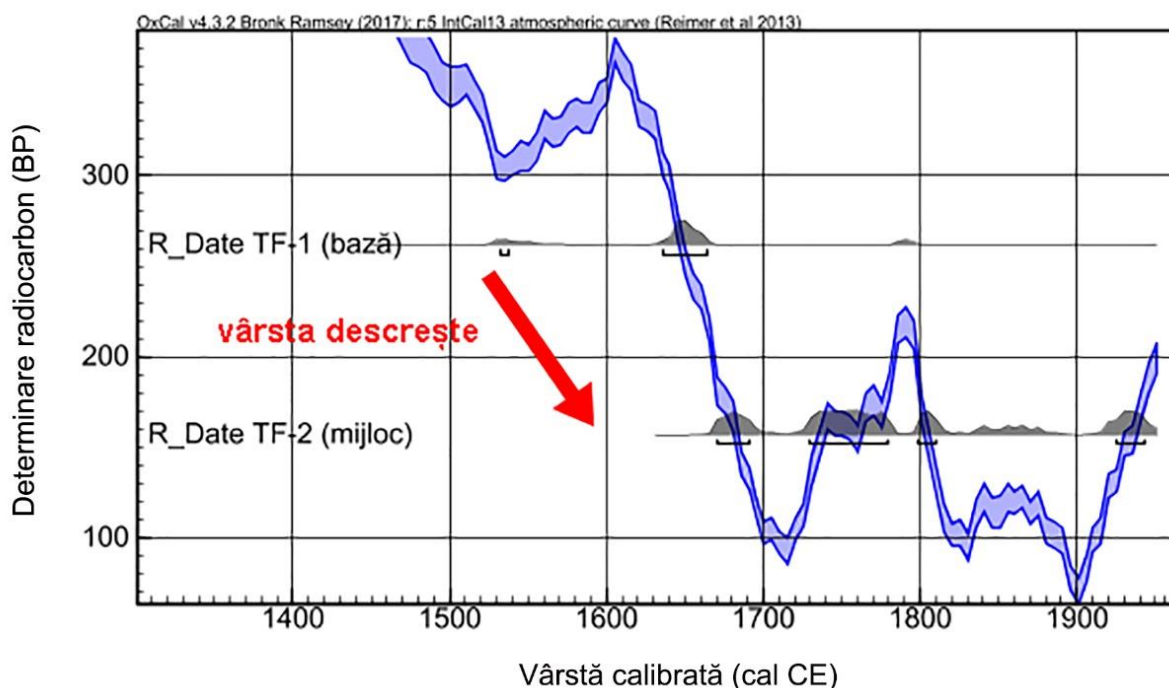


Figura 4. Includerea vârstelor radiocarbon și intervalele calibrate ale mostrelor TF-1 și TF-2 pe curba de calibrare IntCal13. Săgeata roșie arată descreșterea valorilor de vârstă ale unui trunchi fals, de la punctul de fuziune, spre extremitatea opusă

Datarea cu radiocarbon a baobabului din Warang a demonstrat și existența unor trunchiuri false, care au aspect trapezoidal în secțiune orizontală. Asemenea structuri au fost denumite LTSSB („long triangular stem buttress”, contrafort sub formă de trunchi lung triunghiular sau trapezoidal) și acționează ca o ancoră. Trunchiurile false emerg oblic dintr-un alt trunchi ca o ramură și se unesc în timp cu sistemul radicular.

În cazul baobabului din Warang, localizat pe substrat nisipos, 6 trunchiuri, din cele 18 sunt false (Patrut A. și colab., 2017a).

3. Tipuri de arhitectură pentru baobabi cu trunchiuri multiple: Structuri inelare și cavități false

Structura inelară, tipul cel mai frecvent de arhitectură al baobabilor monumentali, a fost descoperită prin datarea cu radiocarbon a baobabilor (Patrut A. și colab., 2015a; 2016b). După cum sugerează și denumirea, trunchiurile sunt dispuse într-o formă mai mult sau mai puțin circulară, asemenea unui inel. Structurile inelare sunt o consecință a fenomenului trunchiurilor multiple. Există două tipuri majore: structura inelară închisă sau deschisă.

3.1 Structura inelară închisă

Toate structurile inelare închise conțin cel puțin o cavitate falsă. Astfel, trunchiurile fuzionate sunt dispuse circular în jurul unui spațiu gol, denumit cavitate falsă. Acest spațiu gol nu

a conținut niciodată lemn, deoarece trunchiurile au crescut în jurul său, fuzionând aproape perfect între ele în timp (Fig. 5).

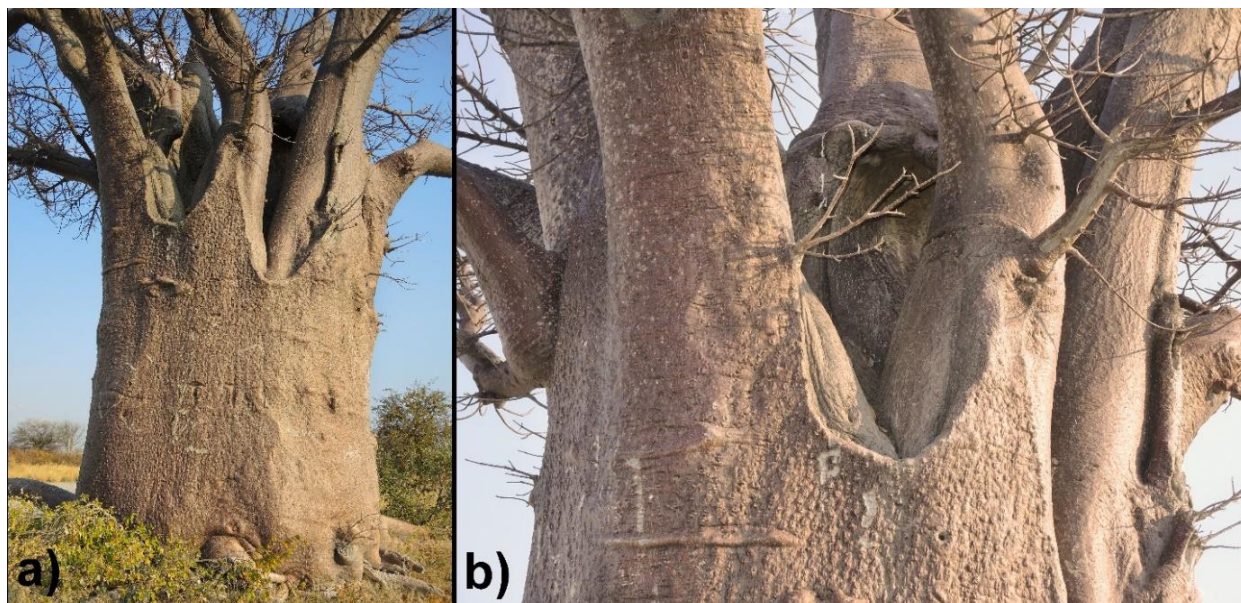


Figura 5. Imaginea (a) redă un baobab cu structură inelară închisă. Trunchiurile aproape perfect fuzionate delimitează o cavitate falsă. Cavitatea este accesibilă și nu are încă tavan. Imaginea (b) prezintă în detaliu ramurile primare. Se poate observa prezența scoarței pe pereții cavității.

Baobabul din Warang prezintă o structură inelară închisă și o cavitate falsă accesibilă, definită de 3 trunchiuri concrescute (Patrut A. și colab., 2017a). Din cavitate s-au recoltat 2 mostre din trunchiuri diferite. Din mostra 1, cea mai lungă, au fost selectate 2 segmente pentru investigarea cu radiocarbon (1a la 0,18 m în interior și 1b la 0,40 m adâncime). Din mostra 2 s-a datat doar cel mai adânc segment 2a (adâncime în interior 0,36 m). Rezultatele datării cu radiocarbon a mostrelor din cavitate sunt prezentate în figura 6.

Trunchiurile care formează cavitatea falsă sunt întotdeauna cele mai bătrâne (Patrut A. și colab., 2017c; 2017e). Pentru mostrele carotate dintr-o cavitate falsă, valorile de vârstă cresc cu adâncimea în lemn până într-un anumit punct de vârstă maximă, situat întotdeauna mai aproape de peretele interior al cavității, după care ele descresc în direcția opusă. Mostra 1 are o secvență de vârstă tipică carotelor obținute din pereții cavității, anume valorile de vârstă cresc odată cu adâncimea în lemn. Mostra 1 a fost prea scurtă pentru atingerea punctului (zonei) de vârstă maxim(e). Se poate considera că vârsta maximă a baobabului din Warang este 500 ± 50 ani.

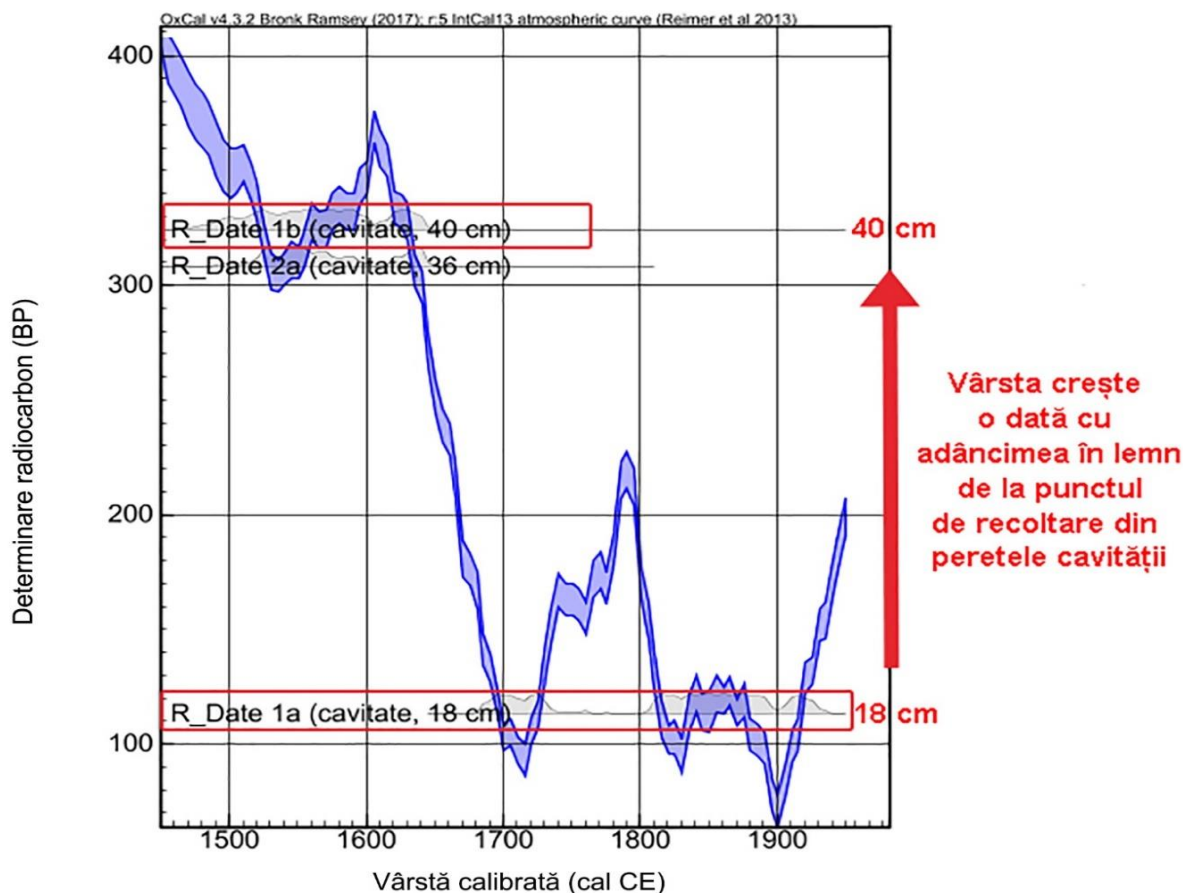


Figura 6. Dispunerea rezultatelor radiocarbon ale mostrelor 1 și 2 pe curba de calibrare IntCal13. Săgeata roșie indică creșterea valorilor de vârstă cu adâncimea în lemn de la punctul de recoltare dintr-o cavitate falsă.

3.2. Structura inelară deschisă

Baobabii cu o structură inelară deschisă nu au cavități falsă. Trunchiurile individuale pot fi identificate ușor, sunt mai mult sau mai puțin înclinate și unite doar în partea inferioară (Fig. 7). Structurile inelare sunt o premisă pentru ca baobabii să atingă vârste înaintate și dimensiuni remarcabile.

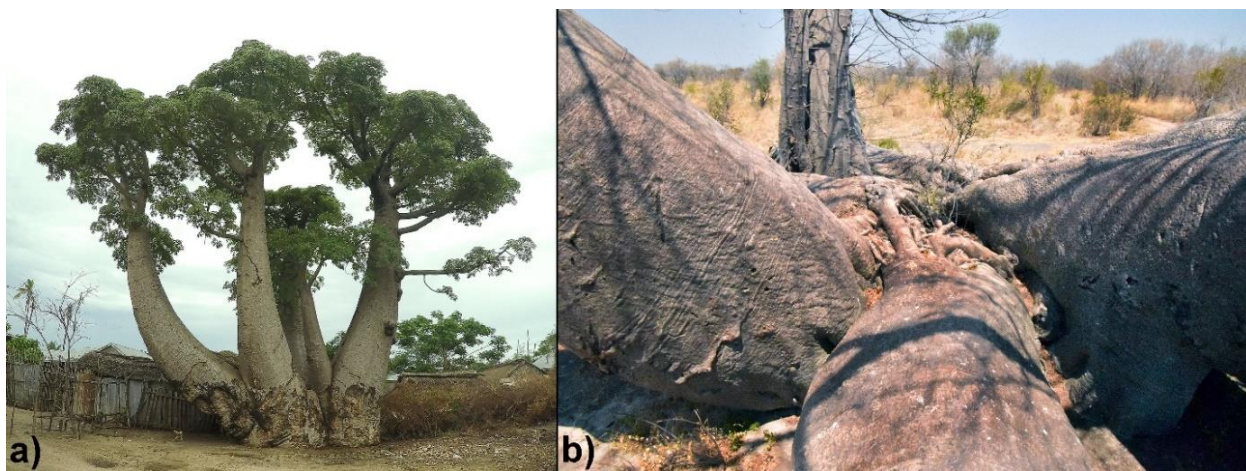


Figura 7. Un *A. grandidieri* de la Bemanonga cu structură inelară deschisă. Trunchiurile individuale, care aparțin mai multor generații, pot fi identificate ușor, fiind concrescute doar la bază (a). Un *A. digitata* din Namibia cu structură inelară deschisă; trunchiurile înclinate puternic sunt împletite la bază (b).

Caracteristica principală a cavităților false este prezența scoarței pe pereții interiori. Un baobab cu trunchiuri multiple poate fi inclus în următoarele categorii: structură cluster (Patrut A. și colab., 2010c; 2015c; 2020), structură inelară închisă cu cavitate falsă simplă (Patrut A. și colab., 2015a; Patrut A. și colab., 2017a), structură inelară dublă închisă cu două cavități interconectate (Patrut A. și colab., 2015d), structură inelară dublă închisă cu două cavități false separate (Patrut A. și colab., 2016c), structură inelară triplă închisă cu trei cavități interconectate (date nepublicate) sau structură inelară deschisă (fără cavitate) (Patrut A. și colab., 2017c; Patrut A. și colab., 2019b). Există și alte tipuri de structuri speciale, precum structura inelară mixtă sau structura inelară incompletă. Unele structuri pot avea și trunchiuri în afara inelului (Patrut R.T., 2013; Patrut R.T., 2015).

Capitolul IV. Fenomenul de oprire a creșterii la baobabi

Datarea cu radiocarbon a permis descoperirea unor arhitecturi unice în lumea vegetală (Patrut A. și colab., 2015a; 2015d; 2016c; 2018; 2020). Prezența, absența și neregularitatea inelelor de creștere la baobabii africani sugerează o capacitate de adaptare remarcabilă și abaterea de la regulile cunoscute. Uneori, inelele de creștere cele mai apropiate de scoarță se dovedesc a fi foarte vârstnice în loc să fie foarte tinere. În continuare, sunt prezentate rezultatele experimentale pentru mai multe specimene de baobab care prezintă un fenomen neașteptat.

1. Baobabii și locația lor. Mai multe exemplare aparținând speciilor *A. digitata*, *A. grandidieri* și *A. rubrostipa*, au fost cercetate și investigate prin datare cu radiocarbon prin AMS.

Baobabul Pafuri Outpost s-a aflat în Parcul Național Kruger, provincia Limpopo, Africa de Sud, la 22°26.647'S, 031°04.745'E. Baobabul Pafuri Outpost care s-a prăbușit în 2008, avea următoarele dimensiuni: $h = 18$ m, $cbh = 14,20$ m și $V = 60$ m³. Baobabul Pafuri Outpost deține recordul pentru cea mai mare circumferință a unui baobab african cu trunchi unic.

Baobabul istoric Dorslandboom se află la sud de Parcul Național Khaudum, regiunea Otjozondjupa, Namibia. Coordonatele GPS sunt 19°18.061'S, 020°39.636'E. Dorslandboom are dimensiunile: $h = 14,3$ m, $cbh > 25$ m iar $V = \text{ca. } 150$ m³. Baobabul are o structură inelară deschisă, cu 8 trunchiuri mari aproape complet prăbușite, unele rupte, altele regenerate, cu lăstari și trunchiuri noi (Fig. 8). Cel mai mare trunchi, compus de fapt din 2 trunchiuri fuzionate, a fost datat cu radiocarbon după prăbușirea sa din 2006. Între timp, acesta s-a descompus și a dispărut.



Figura 8. Baobabul african Dorslandboom are o structură inelară deschisă, formată din trunchiuri bătrâne prăbușite și trunchiuri tinere, erecte, conferindu-i un aspect de „caracatiță” (a).

Baobabul istoric Leydsdorp din apropiere de Gravelotte, regiunea Mpumalanga, Africa de Sud are următoarele dimensiuni: $h = 21,0$ m, $cbh = 19,20$ m și $V = 230$ m³. Coordonatele sale GPS sunt 23°57.427' S, 030°34.509' E. Baobabul Leydsdorp are o structură inelară închisă formată din 5 trunchiuri ce conține o cavitate falsă accesibilă.

Baobabul Gouye Ndiouly se află în Kahone, regiunea Kaolack, Senegal. Coordonatele GPS ale locției sale sunt 14°09.372' N, 016°01.644' W. Gouye Ndiouly s-a prăbușit complet cândva în trecut. Astfel, din masa amorfă generată au lăstărit 5 trunchiuri noi. Doar unul dintre trunchiurile originale a rămas relativ întreg. În prezent, baobabul are dimensiunile $h = 16,0$ m, $cbh = 14,40$ m și $V = 80$ m³.

Baobabul Lebombo (Lebombo Eco trail baobab) se află în Parcul Național Limpopo, Mozambic, la 23°15.765' S 031°33.309' E. Dimensiunile sale sunt următoarele: $h = 18,5$ m, $cbh = 21,44$ m iar $V = 220$ m³. Baobabul Lebombo are o structură inelară închisă, compusă din 5 trunchiuri fuzionate (Fig. 9). Un al șaselea trunchi relict este reprezentat doar de rămășițe (Patrut A. și colab., 2015a).

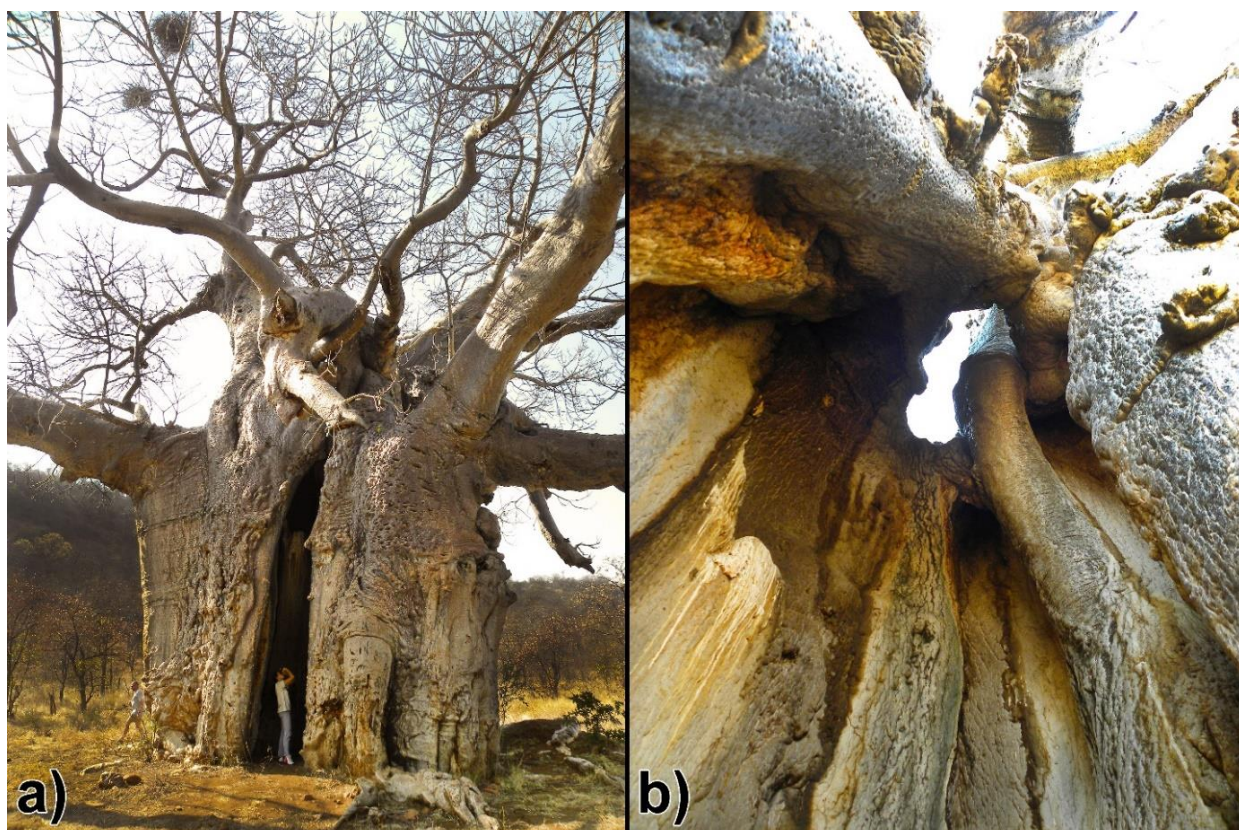


Figura 9. Baobabul Lebombo este primul baobab pentru care s-a descoperit structura inelară închisă (a). Vedere spre tavanul cavității; lipsesc diferențele de aspect între pereții interiori și exteriori (b).

Baobabul Grand-mère sau Grandmother aparține speciei *A. rubrostipa* și este unul dintre cei mai cunoscuți baobabi ai Madagascarului. Baobabul se găsește în Parcul Național

Tsimanampetsotsa, la 24°02.707' S, 043°45.266' E. (Patrut A. și colab., 2015c; Patrut R.T., 2015). Măsurătorile lui Grand-mère sunt: $h = 7,47$ m, $cbh = 9,67$ m și $V = 25$ m³. Baobabul este format din trei trunchiuri aproape perfect fuzionate.

Baobabul Tsitakakoike aparține speciei *A. grandidieri* (Fig. 10a). El se găsește în pădurea Andombiro, zona Morombe, Madagascar la 21°33.9770' S, 043°30.0280' E (Patrut A. și colab., 2015b). În contextul schimbărilor climatice, după 3 ani de secetă acută, urmată de inundațiile provocate de cicloul Ava în 2018, Tsitakakoike s-a prăbușit parțial (Fig. 10b). Acest baobab sacru monumental avea dimensiunile: $h = 14,6$ m, $cbh = 27,36$ m și $V = 520$ m³. Tsitakakoike avea o structură inelară închisă, formată din 5-6 trunchiuri perfect fuzionate în jurul unei cavități false. Prăbușirea parțială a facilitat accesul în cavitatea falsă, care avea volumul de ca. 175 m³.

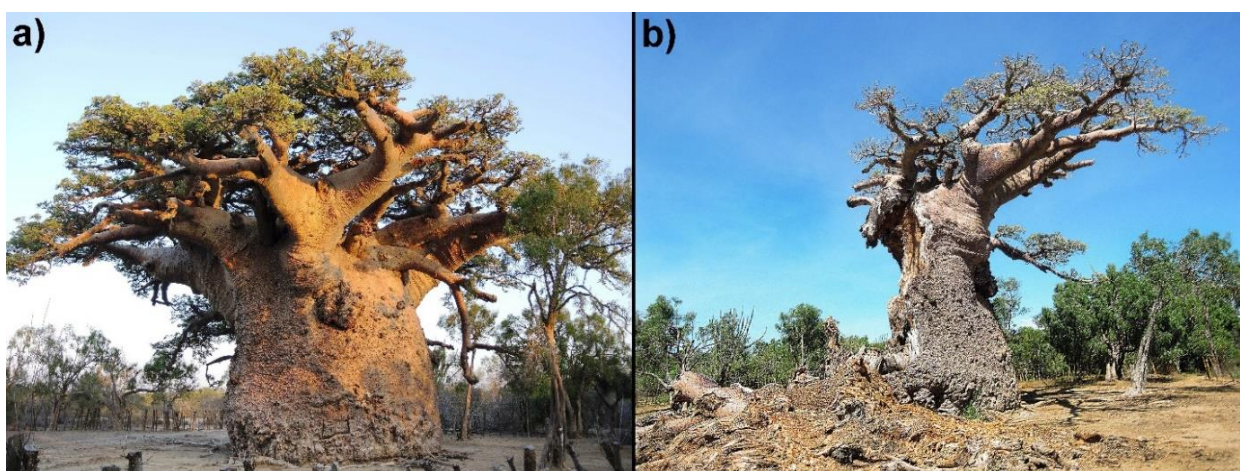


Figura 10. Uriașul Tsitakakoike a fost unul din cei mai mari baobabi în viață (a). Astăzi, el este în stare avansată de descompunere cauzată de ruperea parțială a unor trunchiuri în 2018 (b).

2. Recoltarea mostrelor. În cazul baobabului Pafuri Outpost, s-a obținut o secțiune completă, de la scoarță la măduvă, fără părți lipsă. Mai multe inele individuale au fost extrase pentru a fi investigate cu radiocarbon. Pentru ceilalți șapte baobabi s-au recoltat mai multe mostre de lemn cu burghie incrementale Haglöf. Mai multe segmente au fost datate cu radiocarbon.

3. Interpretarea rezultatelor.

Pafuri Outpost. Secțiunea extrasă din baobabul Pafuri Outpost a permis numărarea tuturor inelelor formate de la începutul vieții până la prăbușire, precum și verificarea vârstei acestora prin datare cu radiocarbon. Astfel, vârsta radiocarbon a fost 1000 ± 20 BP pentru inelul 490, care reprezintă măduva baobabului, valoare care corespunde unei vârste calibrate de 895 ± 25 ani. Pentru inelul 40, vârsta radiocarbon 412 ± 20 BP a fost convertită într-o vârstă calibrată de 530 ± 20 ani. Rezultatele sugerează că Pafuri Outpost a produs inele subanuale și s-a oprit din creștere în jurul anului 1500 CE. Pafuri Outpost a continuat să producă frunze, flori și fructe până în anul

prăbușirii. Perioada în care s-a declanșat oprirea creșterii coincide cu Mica Eră Glaciară („Little Ice Age” sau „LIA”) (Tyson și colab., 2000; Woodborne și colab., 2016). Așadar, este foarte posibil ca acest baobab să se fi oprit din creștere datorită unor condiții nefavorabile dezvoltării, cauzate de factori climatici.

Dorslandboom. Baobabul Dorslandboom are o structură inelară deschisă, care a permis supraviețuirea și după prăbușirea din 2006. Datarea segmentul D11-a arată că inelele de creștere adiacente cambiului au o vârstă de 1370 ± 15 ani. Astfel, trunchiul dublu din care provine a trăit 640 ani fără să mai formeze inele anuale. Vârsta acestui trunchi dublu a fost raportată la 2100 ani (Patrut A. și colab., 2018). În consecință, oprirea creșterii se poate produce și datorită vârstei înaintate.

Leydsdorp și Lebombo. S-a identificat un al treilea factor care poate contribui la oprirea creșterii, și anume tendința de a menține o arhitectură internă stabilă. Mostrele ce provin din baobabul Leydsdorp arată că și acesta s-a oprit din creștere, însă doar în interiorul cavității. Conform rezultatelor, trunchiurile investigate au încetat să mai crească spre interior la momente de timp diferite: acum 260 ani (spre est) și 160 ani (spre vest). În consecință, cea mai vârstnică zonă a baobabului se află mai aproape de pereții cavității decât de exterior.

Cazul Leydsdorp demonstrează că trunchiurile s-au oprit din creștere acum 155-255 ani doar în direcția cavității, care a atins o formă stabilă ce compensează înclinarea semnificativă a arborelui (aproximativ $20-30^\circ$ spre vest). Dacă trunchiurile și-ar fi continuat creșterea spre cavitate, aceasta ar fi afectat distribuția masei baobabului, provocând instabilitate și un pericol potențial de prăbușire.

Mostrele lemnoase din baobabul Lebombo provin pereții cavității false și din exteriorul tulpinii. Conform rezultatelor, cele 5 trunchiuri care alcătuiesc baobabul (Patrut A. și colab., 2015a) și-au încetat creșterea în direcția cavității, dar au continuat să crească spre exterior, pe întreaga circumferință, cu viteză cvasiconstantă timp de 300 ani. Oprirea din creștere a trunchiurilor spre cavitate este o consecință a atingerii unei arhitecturi interne foarte stabile, cu simetrie ridicată.

Gouye Ndiouly. Un al patrulea factor care poate induce oprirea creșterii este o traumă majoră suferită de către baobab în trecut, cum ar fi un incendiu sau o prăbușire. Trunchiul sau trunchiurile care supraviețuiesc traumei se pot opri complet din creștere. Un asemenea caz este cel al baobabului Gouye Ndiouly din Senegal. Singurul trunchi original rămas relativ intact după prăbușire a fost investigat cu radiocarbon. Mostra GN-1a, care include inelele recent formate, are o vârstă calibrată de 170 ± 40 ani. Conform acestei valori, prăbușirea baobabului s-a produs în jurul anului 1850 CE.

Grand-mère și Tsitakakoike. Fenomenul de oprire a creșterii nu se limitează doar la baobabul african (*A. digitata*). Deținătorii recordului de vârstă al speciilor *A. rubrostipa* și *A.*

grandidieri, și anume Grand-mère și Tsitakakoike, prezintă fenomenul de oprire a creșterii pentru cele mai bătrâne trunchiuri.

Rezultate demonstrează că baobabii afectați de fenomenul opririi de creștere pot supraviețui în continuare sute de ani, continuând să funcționeze normal, producând frunze, flori și fructe. Capacitatea baobabilor de a înmagazina cantități considerabile de apă permite arborilor din genul *Adansonia* să supraviețuiască într-o stare de vegetație bună și după instalarea fenomenului de oprire a creșterii.

Capitolul V. Recorduri

1. Baobabii superlativi din rezervația Savé Valley: În căutarea celui mai vârstnic baobab în viață

Aria protejată Savé Valley („Savé Valley Conservancy”) este o rezervație naturală în Zimbabwe, care este compusă din mai multe proprietăți (ferme) (Lindsay și colab., 2009). În Savé Valley se găsesc mii de baobabi africani, dintre care 4 specimene au dimensiuni remarcabile (cbh > 23 m) și vârste peste 1000 ani. Acești arbori au fost investigați cu radiocarbon.

1.1. Baobabii și locația lor

Baobabul Matendere. Acest baobab monumental de pe teritoriul fermei Matendere (Fig. 11) are coordonatele GPS 20°00.325' S, 032°03.808' iar dimensiunile $h = 22,5$ m, $cbh = 26,30$ m și $V = 300$ m³. Investigațiile indică o structură inelară închisă definită de 5 trunchiuri fuzionate, cu o cavitate falsă în interior. Baobabul are în total 7 trunchiuri, dintre care 2 se află în afara inelului ce formează cavitatea (Patrut A. și colab., 2019a).



Figura 11. Baobabul Matendere se află într-o zonă greu accesibilă, fiind înconjurat de vegetație abundentă.

Baobabul Chishakwe. Baobabul Chishakwe se află pe ferma Chishakwe, la 20°06.656' S, 032°04.991' E. Dimensiunile baobabului sunt $h = 26,1$ m, $cbh = 26,56$ m, $V = \text{ca. } 375$ m³. Baobabul Chishakwe are în total 7 trunchiuri și o structură inelară închisă cu cavitate falsă în interior, definită de 5-6 trunchiuri. Cercetările noastre demonstrează că baobabul Chishakwe este cel mai înalt și cel mai voluminos baobab în viață din Zimbabwe (Fig. 12) (Patrut A. și colab., 2019a).



Figura 12. Baobabul Chishakwe este cel mai înalt baobab din Zimbabwe (a). Proprietarii fermei au amplasat pietre la baza arborelui pentru a reduce distrugerile frecvente provocate de elefanți (b).

Baobabul Mokore. Baobabul uriaș de pe ferma Mokore este cel mai cunoscut din Savé Valley (Fig. 13). Coordonatele GPS sunt 20°23.950' S, 036°06.836' E. Baobabul Mokore are dimensiunile: $h = 23,2$ m, $cbh = 28,11$ m și $V = \text{ca. } 320 \text{ m}^3$. Tulpina este formată din 8 trunchiuri, dintre care unul fals, cu rol de ancoră. Se recomandă amplasarea stâlpilor de susținere pentru trunchiul fals. Acest baobab are cel mai mare cbh din Zimbabwe (Patrut A. și colab., 2019a).



Figura 13. Baobabul Mokore este specimenul viu cu cea mai mare circumferință înregistrată în Zimbabwe, $cbh = 28,11$ m.

Baobabul Humani Bedford. Baobabul Humani Bedford se află în Bedford Block, o zonă încorporată în ferma Humani în 1992 (Patrut A. et al., 2019a). Baobabul se găsește la 20°24.474' S, 032°14.135' E. Baobabul Humani are o arhitectură inelară închisă, formată din 3 trunchiuri fuzionate care definesc parțial o cavitate falsă (Fig. 14). Un trunchi relic este prezent doar sub formă de ciot și completa structura inelară în trecut. Dimensiunile baobabului Humani Bedford sunt: $h = 18,2$ m, $cbh = 23,65$ m, $V = 240$ m³.



Figura 14. Vedere detaliată a baobabului Humani și a cavității false. Cele trei trunchiuri fuzionate sunt numerotate I, II și III, trunchiul relict IV nu se observă.

1.2. Recoltarea mostrelor. Mai multe mostre au fost extrase din partea exterioară a trunchiurilor celor trei baobabi superlativi Matendere, Chishakwe și Mokore, cu un burghiu incremental. Pentru baobabul Humani au fost extrase din pereții cavității două mostre de lemn (HB-1 și HB-2) din trunchiului I, iar o a treia din exteriorul tulpinii (numerotată HB-11), tot din trunchiul I. Din mostrele de lemn obținute s-au selectat mai multe segmente din poziții predeterminate (numerotate a, b sau c), pentru investigare cu radiocarbon prin AMS.

1.3. Rezultate AMS și vârste calibrate. Rezultatele investigării radiocarbon și vârstele calibrate ale segmentelor selectate pentru baobabii Matendere, Chishakwe și Mokore sunt prezentate în figura 15.

Cele mai vârstnice două segmente provin din baobabul Matendere. Astfel, mostrele MAT-1 și MAT-2 au vârste radiocarbon 1529 ± 14 și 1305 ± 19 BP, care corespund unor vârste calibrate de 1430 ± 15 și 1310 ± 25 ani calendaristici (Fig. 15).

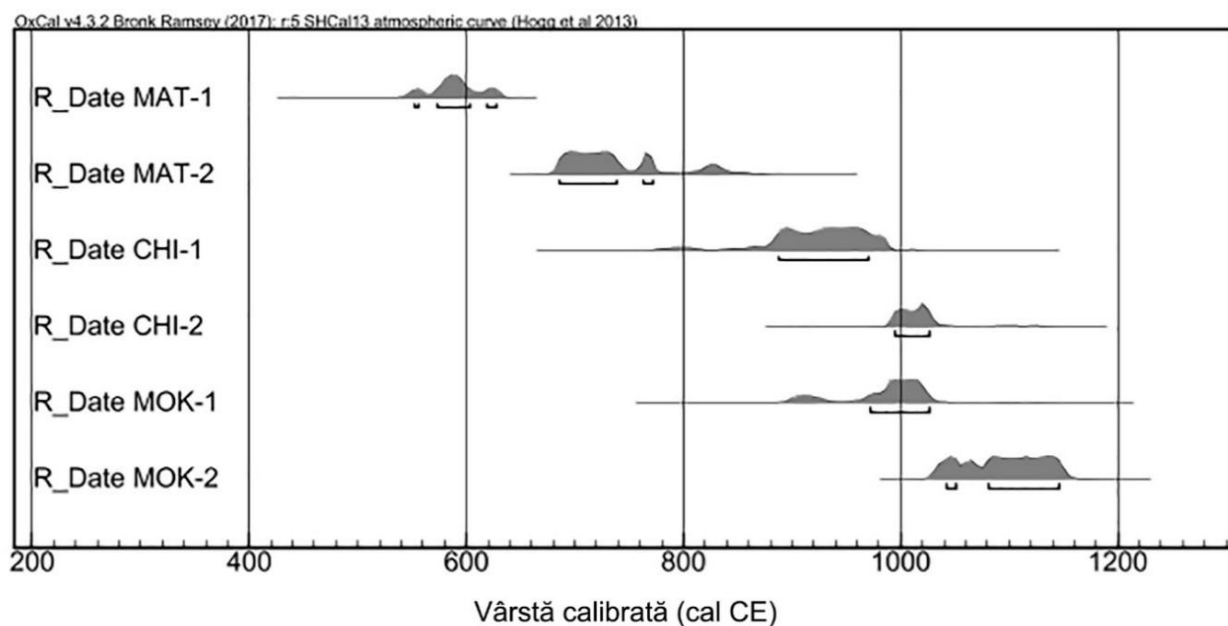


Figura 15. Vârstele calibrate obținute arată că baobabul Matendere este cel mai bătrân dintre cei trei baobabi superlativi iar Mokore cel mai tânăr.

Baobabii Matendere, Chishakwe și Mokore au același tip de arhitectură, adică structura inelară închisă, cu cavitate falsă în interior. Mai multe trunchiuri suplimentare se găsesc în afara inelului ce delimitează cavitatea. Vârstele extrapolate ale baobabilor superlativi din rezervația Savé Valley sunt: 1550 ± 100 ani pentru baobabul Matendere, respectiv 1200 ± 100 ani pentru baobabii Chishakwe și Mokore.

Toate mostrele din baobabul Humani Bedford au fost recoltate din același trunchi.

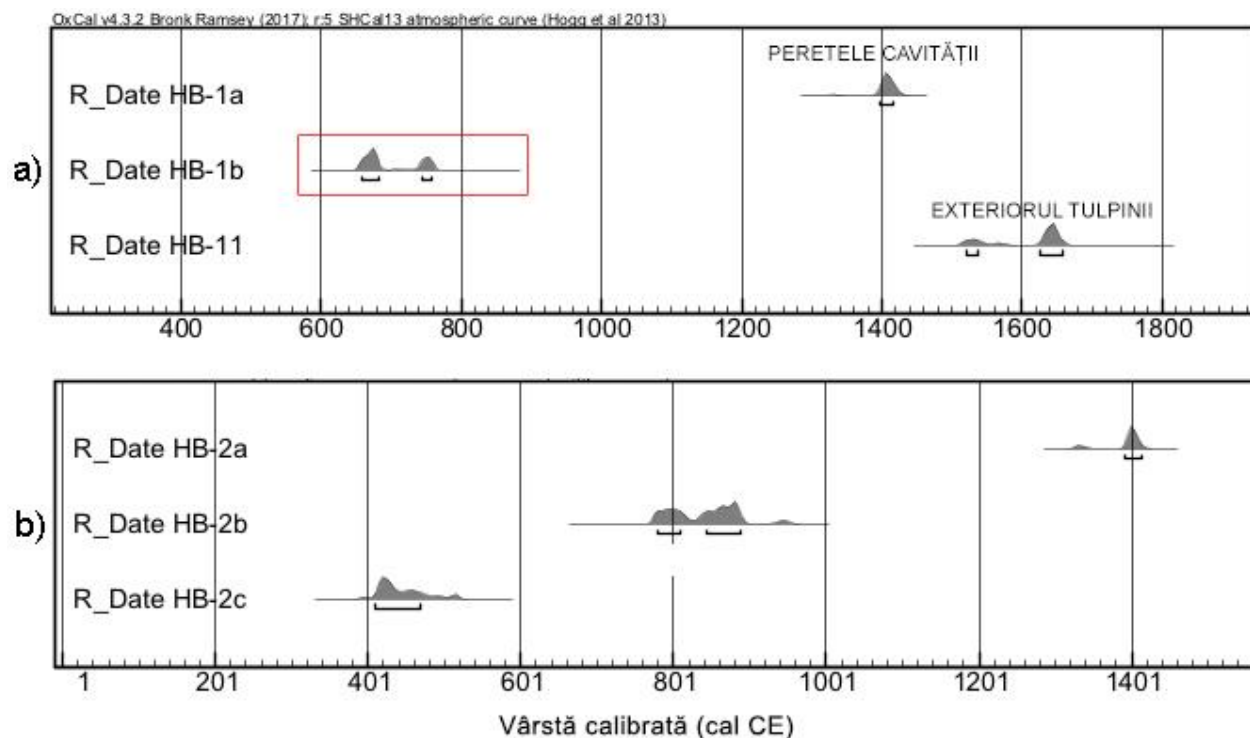


Figura 16. Vârstele calibrate ale mostrei HB-1 și HB-11 evidențiază secvența de vârstă caracteristică baobabilor cu structură inelară închisă. Segmentul HB-1b, marcat cu chenar roșu, este mai vârstnic decât HB-1a și HB-11 (a). Secvența vârstelor calibrate pentru cea mai lungă și bătrână mostră a baobabului Humani Bedford (b).

1.4. Arhitectura baobabului Humani Bedford. Pentru baobabul Humani Bedford, valorile de vârstă ale segmentelor extrase din cele două mostre carotate din pereții cavității i cresc direct proporțional cu adâncimea în lemn de la punctul de recoltare (Fig. 16). Acest fapt confirmă tipul de arhitectură atribuit acestui baobab, și anume structura inelară închisă. Analiza materialului foto și video, arată o structură din 3 trunchiuri perfect fuzionate, fiecare cu o coroană distinctă.

1.5. Vârsta baobabului Humani Bedford. Vârsta maximă a trunchiului I este desigur mai mare decât vârsta segmentului HB-2c (1580 ± 30 ani), care provine de la o adâncime de 0,25 m în lemn. Distanța măsurată de la segmentul HB-2c până la partea exterioară a trunchiului este 0,95 m. Conform rezultatelor experimentale, se poate considera că zona de vârstă maximă se află la 0,35 – 0,40 m de pereții cavității și la 0,85 – 0,80 m de partea exterioară a trunchiului I. Prin urmare, vârsta estimată a celui mai vârstnic trunchi al baobabului Humani Bedford e de 1800 ± 100 ani. În consecință, baobabul Humani Bedford devine cel mai bătrân baobab african în viață, cu datare exactă.

2. Pe urmele celui mai mare baobab: Baobabul Grandidier din Isosa

Până în 2018, baobabul monumental Tsitakakoike a fost considerat cel mai mare specimen *A. grandidieri*, cu un volum total suprateran de 520 m^3 și o vârstă de 1400 ± 100 ani (Patrut A. și colab., 2015b).

În continuare, sunt prezentate rezultatele investigației cu radiocarbon prin AMS ale celui mai voluminos baobab și angiosperm din lume, și anume Grand Reniala din Isosa.

2.1. Baobabul și locația sa. Baobabul se găsește în zona Morombe la $21^{\circ}37.976' \text{ S}$, $043^{\circ}34.474' \text{ E}$. Baobabul din Isosa, are dimensiunile: $h = 21,6 \text{ m}$ și $cbh = 23,22 \text{ m}$. Circumferința maximă, la nivelul solului, atinge $24,20 \text{ m}$ și scade la 21 m la înălțimea de 12 m . Astfel, tulpina masivă este aproape perfect cilindrică până la înălțimea de $12,2$ respectiv $14,5 \text{ m}$, unde se ramifică primele ramuri masive, cu diametru de ca. 2 m . Dimensiunile orizontale ale coroanei sunt $45,2 \text{ m}$ în direcția nord-sud și $37,2 \text{ m}$ în direcția vest-est.

Volumul calculat al tulpinii este 485 m^3 , iar cel al coroanei atinge 55 m^3 , însumând un volum total suprateran de 540 m^3 . Această valoare reprezintă cel mai mare volum cunoscut al genului *Adansonia* (Fig. 17). Astfel, Grand Reniala din Isosa devine cel mai voluminos baobab și angiosperm din lume.

2.2. Recoltarea mostrelor. Pentru stabilirea vârstei prin datare cu radiocarbon, s-au extras trei mostre (numerotate cu 1, 2 și 3) din trunchiuri diferite. Din fiecare mostră, s-au selectate câte trei segmente (denumite a, b, c) care au fost investigate cu radiocarbon prin AMS.

2.3. Arhitectura și vârsta baobabului Grand Reniala. Investigarea baobabului din Isosa arată că acesta este compus din 5 trunchiuri fuzionate. Pentru baobabul Grandidier de la Isosa, secvența valorilor de vârstă calibrată a segmentelor crește cu adâncimea în lemn pentru toate cele 3 trunchiuri investigate. Astfel, baobabul Grand Reniala are o arhitectură de tip cluster, cu 5 trunchiuri fuzionate, care, potrivit datării cu radiocarbon, au vârste similare și aparțin aceleiași generații. Prin calcularea vitezelor de creștere ale trunchiurilor, s-a stabilit vârsta baobabului.

Într-o extrapolare conservativă, baobabul Grandidier din Isosa are o vârstă de cel puțin 1000 ± 100 ani.



Figura 17. Grand Reniala este evasicilindric până la ramurile primare. Acest exemplar deține recordul pentru cel mai voluminos baobab și angiosperm din lume.

Capitolul VI. Baobabul african Chapman: aspecte istorice și științifice

1. Investigare cu radiocarbon

Cel mai faimos dintre baobabii istorici este, fără îndoială, baobabul Chapman, de pe calea misionarilor („Missionary Road”) din Makgadikgadi Pans, districtul Central, Botswana. La data de 7 ianuarie 2016, mărețul baobab Chapman s-a prăbușit subit (Fig. 18). În continuare, vom prezenta cercetările asupra vârstei, creșterii, arhitecturii baobabului Chapman și vom analiza factorii care au determinat prăbușirea acestui monument viu al naturii și istoriei.

1.1. Baobabul și locația sa. Coordonatele GPS ale locației baobabului Chapman sunt 20°29.404'S, 025°14.971'E (Patrut A. și colab., 2019).



Figura 18. Imagine dramatică cu trunchiurile și ramurile baobabului Chapman fracturate în urma impactului cu solul.

Zona este caracterizată de un climat semi-arid (Grey and Cooke, 1977). Singura sursă de apă disponibilă pentru baobabul Chapman era sub formă de precipitații. Astfel, lemnul baobabului Chapman a răspuns la disponibilitatea apei pluviale prin formarea inelelor de creștere. În consecință, s-a efectuat transferul semnalului climatic în parametrii chimici ai inelului anual.

Baobabul Chapman avea următoarele dimensiuni: $h = 22,6$ m, $cbh = 25,90$ m, $V = 275$ m³. Arhitectura consta dintr-o structură inelară deschisă, formată din 6 trunchiuri principale (numerotate I, II, III, IV, V și VI) de mărimi diferite, concrescute la bază (Fig. 19). Trunchiurile erau fuzionate până la o înălțime de 2,0-2,2 m și formau un coridor în direcția vest-est.

Baobabul Chapman avea o cavitate naturală, care se extindea în 3 trunchiuri (I, II and III) și a servit drept oficiu poștal local în secolul 19 (Pakenham, 2004).



Figura 19. Baobabul Chapman, cu o structură inelară deschisă, formată din 6 trunchiuri fuzionate la bază. Trunchiurile sunt numerotate de la I la VI.

1.2. Recoltarea mostrelor. Mai multe mostre de lemn au fost extrase cu burghie incrementale Haglöf înainte and după prăbușire din trunchiurile I, II, III, IV and VI (denumite CH-1, CH-2, CH-3, CH-4 and CH-6). Capătul intern (cel aproape de măduvă) al fiecărei mostre a fost datat pentru stabilirea vârstei trunchiurilor. Din mostrele CH-1 and CH-4 s-au investigat and extremitățile capetele externe.

1.3. Determinarea conținutului de apă. Conținutul de apă al trunchiurilor a fost determinat atât anterior cât și posterior prăbușirii.

1.4. Rezultate AMS și vârste calibrate. Vârstele radiocarbon și valorile calibrate corespunzătoare ale segmentelor ce provin din baobabul Chapman sunt prezentate în tabelul 9.

Tabel 9. Rezultatele datării cu radiocarbon și vârste calibrate ale segmentelor ce provin din baobabul Chapman.

Cod mostră/segment (Trunchi)	Adâncime ¹ (10 ⁻² m)	Vârsta radiocarbon [eroare] (ani ¹⁴ C BP) sau *fracție modernă	Interval cal CE 1σ [probabilitatea de distribuție]	Vârsta mostrei în 2016 [eroare] (ani calendaristici)
CH-1a (I)	0,5	1,4676 [±0,0047]*	1972-1973 [68,2%]	43-44 [± 0]
CH-1x (I)	0,75	618 [±18]	1326-1341 [28,9%] 1390-1404 [39,3%]	620 [±5]
CH-2x (II)	0,70	353 [±25]	1508-1584 [61,4%] 1620-1628 [6,8%]	470 [±40]
CH-3x (III)	1,90	1381 [±22]	654-681 [63,0%] 749-752 [5,2%]	1350 [±15]
CH-4a (IV)	0,5	1,0173 [±0,0036]*	1956-1957 [68,2%]	59-60 [±0]
CH-4x (IV)	0,78	340 [±24]	1510-1576 [56,0%] 1622-1636 [12,2%]	470 [±35]
CH-6x (VI)	1,25	745 [±18]	1278-1300 [68,2%]	725 [± 10]

¹Adâncimea în lemn

1.5. Vârstele trunchiurilor/vârsta baobabului Chapman. Segmentele marcate cu x, care reprezintă fragmentele de lemn cel mai aproape de măduvă, sunt și cele mai bătrâne. Vârstele trunchiurilor au fost calculate prin extrapolarea distanței dintre pozițiile segmentelor cele mai bătrâne la poziția calculată a măduvei corespunzătoare. Trunchiurile principale ale baobabului Chapman aparțin la 3 generații: 1350-1400 ani (trunchiul III), 800-1000 ani (trunchiurile I, V and VI) and 500-600 ani (trunchiurile II and IV).

1.6. Arhitectura baobabului Chapman. Structura inelară deschisă conține, de obicei, 5-8 trunchiuri fuzionate la bază. În timp, unele trunchiuri se pot prăbuși and dispărea iar alte trunchiuri noi pot emerge pentru a completa inelul. În cazul baobabului Chapman doar trunchiul III mai face parte din inelul original.

1.7. Prăbușirea baobabului Chapman. Pe 7 ianuarie 2016, ora 7, toate trunchiurile baobabului Chapman s-au prăbușit aproape simultan (Fig. 18). Arborii care sunt aproape de sfârșitul ciclului de viață, nu se prăbușesc dintr-o dată, ci pe parcursul mai multor luni sau ani. Faptul că Chapman s-a prăbușit complet și neașteptat este un eveniment de excepție, care s-a datorat unei combinații a patru factori principali:

i) dimensiunea critică a cavității naturale („postbox cavity”). Cavitatea s-a format în urma unui incendiu în trunchiul II și s-a extins progresiv în trei trunchiuri (II, III și I), prin continuarea procesului de descompunere.

ii) conținutul scăzut de apă al trunchiurilor, asociat cu secetă severă. Studiile efectuate pe lemnul de baobab indică un conținut ridicat în apă, până la 79% (Chapotin et al., 2006c). Astfel,

baobabii de dimensiuni mari sunt erecți atât datorită presiunii hidrostatice și datorită unui efect gravitațional. Conținutul în apă al celor două trunchiuri s-a redus cu 9-10% după prăbușire, până la valorile de 39,8 and 43,1%. De obicei, primele precipitații cad în luna septembrie. Cu toate acestea, în sezonul ploios 2015-2016, primele precipitații au căzut abia în februarie. Episodul El Niño din 2015-2016 a fost unul dintre cele mai intense observate vreodată, rivalizând cu episoadele dramatice din 1982-1983 and 1997-1998, care au produs ravagii în lume (Zhai et al., 2016; L’Heureux et al., 2017). Secetele devastatoare care au afectat and Botswana în acea perioadă au contribuit major la prăbușirea baobabului Chapman (Fig. 20).

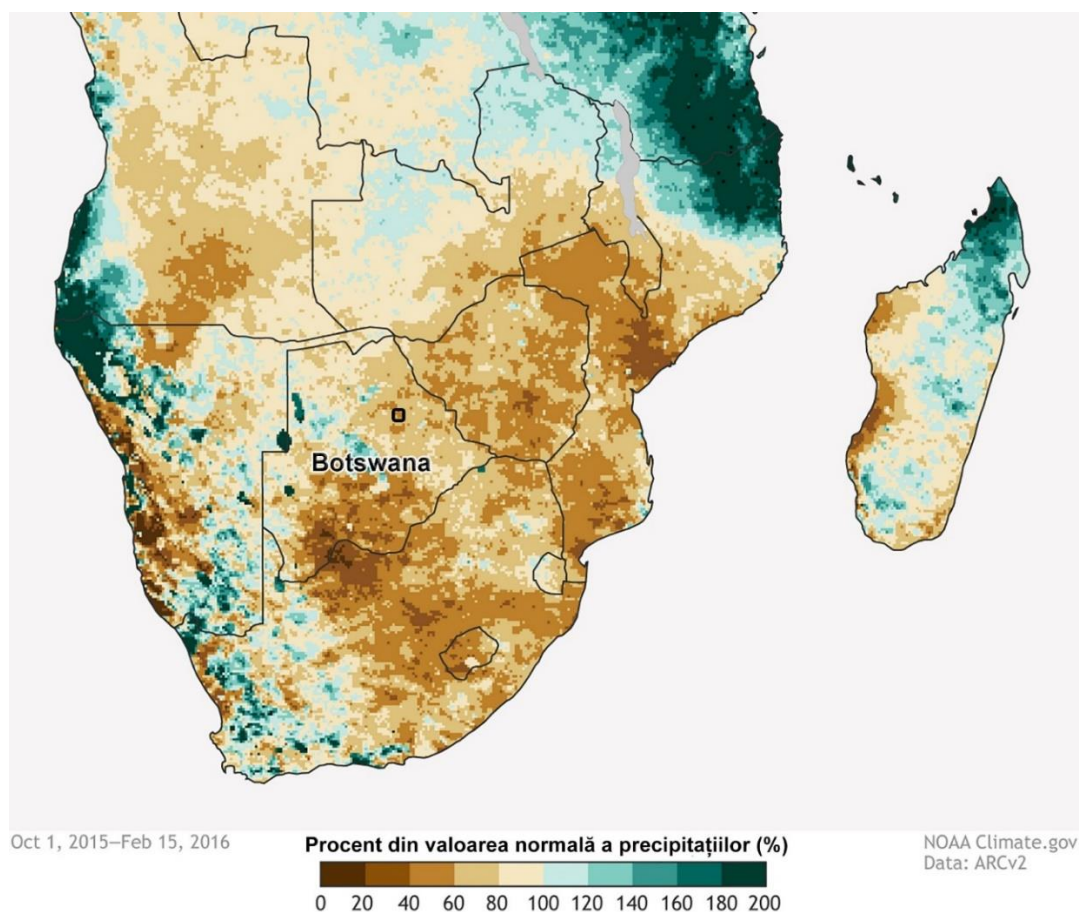


Figura 20. În perioada octombrie 2015-februarie 2016, nivelul de precipitații din sudul Africii a fost puternic influențat de evenimentul El Niño intens. Zona în care s-a aflat baobabul Chapman din Botswana, a cărui poziție este evidențiată cu un pătrat, a fost afectată de secetă foarte severă; (NOAA Climate.gov, modificat).

iii) gradul de înclinare al trunchiurilor. Trunchiurile baobabului Chapman au avut un grad de înclinare variabil care a crescut cu aproximativ 5° în ultimii 50 ani, contribuind la ruperea platformei-coridor de la baza trunchiurilor.

iv) vârsta înaintată a arborelui. Conform datărilor cu radiocarbon, baobabul Chapman este al 11-lea ca vârstă dintre toți reprezentanții speciei (vezi capitolul VII). În 2018, Patrut A. și colab. au raportat decesele în rândul celor mai mari și longevivi baobabi din sudul Africii, printre care se află și baobabul Chapman.

2. Schimbările climatice în sudul Africii

Regiunile (semi)aride tropicale sunt printre cele mai expuse schimbărilor climatice, prezentând un risc climatologic mare de deșertificare (Spinoni și colab., 2015). În acest context, sudul Africii este vulnerabil în mod particular (IPCC, 2014). Pentru sudul Africii modelele de precipitații au o incertitudine foarte mare din cauza lipsei înregistrărilor instrumentale (Trouet și colab., 2010, Engelbrecht și colab., 2015, Gebrekirstos și colab., 2014, Slotta și colab., 2017, Kusangaya și colab., 2014). Astfel, reconstrucțiile paleoclimatice sunt o posibilitate pentru alcătuirea și validarea modelelor climatice și hidrologice. Utilizarea inelelor anuale ale arborilor ca și indicatori proxy reprezintă o alternativă promițătoare, însă puține specii tropicale întrunesc condițiile necesare pentru reconstrucții bazate pe metode dendrocronologice tradiționale (Détienne, 1989; Gebrekirstos și colab., 2014).

O abordare modernă a cronologiilor dendroclimatologice este analiza de izotopi stabili a inelelor de creștere ale arborilor, combinată cu o datare cu radiocarbon pentru specii cu secvență anomală a inelelor de creștere. Robertson și colab. (2006) au cercetat potențialul baobabului african ca arhivă climatică și au demonstrat că precipitațiile au o corelație pozitivă cu episoadele de creștere. Astfel, baobabul este un indicator proxy al precipitațiilor în zona de proveniență.

Variabilitatea interanuală a precipitațiilor este asociată de temperaturile de suprafață ale apei marine („sea surface temperatures”, SST) în zona nucleu a curentului Agulhas („Agulhas Current Core region”), care influențează deplasarea est-vest ale depresiunilor temperate tropicale („tropical temperate troughs”, TTT). Fauchereau și colab., (2009) au stabilit că fenomenul El Niño are o influență complexă, de cele mai multe ori indirectă, asupra Africii de Sud.

Studiile care vizează schimbările și variabilitatea precipitațiilor din ultimii 30 ani nu au identificat o tendință clară pentru sudul Africii, dar toate coincid cu o creștere a intensității și duratei sezonului secetos (Kusangaya și colab., 2014; Mphale și colab., 2014).

Pentru a evalua reziliența societății din Botswana la o variabilitate crescută a precipitațiilor, se poate analiza impactul secetelor anterioare.

Astfel, creșterea numărului de arhive climatice este esențială pentru a identifica mecanismele de forțare, pentru a proiecta și valida scenarii realiste și a înțelege succesiunea ciclurilor umed-uscă. Woodborne și colab., (2015, 2016) a atribuit condițiile uscate din regiunile Pafuri și Mapungubwe unei deplasări estice a sistemului TTT. Mecanismul propus ar trebui să coincidă cu condiții hiperaride în Botswana. Cu toate acestea, arhiva proxy pe 250 ani pentru regiunile xerice din sudul Botswanei, arată condiții mai umede, induse de anomalii pozitive ale SST din sud-vestul oceanului Indian (Canalul Mozambic) (Woodborne și colab., 2018). Acest fapt sugerează o deplasare vestică a TTT, corelată cu SST ridicate în trecut.

3. Reconstrucție paleoclimatică

Pentru obținerea unei arhive proxy ce rezoluție temporală ridicată a precipitațiilor pentru zona centrală a Botswanei s-a efectuat analiza de izotopi stabili de carbon pe mostre provenite din baobabul Chapman.

3.1. Recoltarea mostrelor. Cele două mostre extrase din cele mai vârstnice trunchiuri (III și VI) ale baobabului Chapman au fost denumite CH-3 și CH-6. Acestea au fost prelucrate și investigate prin analiza de izotopi stabili de carbon ($\delta^{13}\text{C}$) conform metodologiei descrise la capitolul II.

3.2. Datarea cu radiocarbon și obținerea modelului de vârstă. Pentru obținerea unui model de vârstă, s-au datat cu radiocarbon segmente extrase din poziții predeterminate de-a lungul mostrelor, după abordarea lui Woodborne și colab. (2015).

3.3. Analiza statistică și erorile modelului de vârstă. Pentru reducerea erorilor s-a aplicat o metodă statistică robustă, conform Woodborne și colab. (2015). Astfel, s-a calculat pentru fiecare valoare o medie ponderată pe intervale de 21 ani („21-year biweight mean”), pentru a evidenția variabilitatea climatică (Lanzante, 1996).

În scopul corelărilor (excepție: precipitațiile orașului Maun), s-a utilizat media ponderată pe intervale de 21 ani pentru cronologiile comparate. Pentru analiza teleconexiunilor, s-au aplicat și alte metode statistice precum calcularea coeficientului de corelație și efectuarea testelor de semnificație.

Deși, în figura 21, se pot observa asemănări, o calibrare cu setul de date instrumentale nu este posibilă, datorită unor decalaje vizibile și al imperfecțiunii modelului de vârstă. De asemenea, datorită perioadei foarte scurte a măsurătorii instrumentale nu s-a putut calcula media ponderată pe intervale de 21 ani pentru orașul Maun. Astfel, rezultatele corelării sunt nule, fără semnificație statistică.

O comparație adecvată a cronologiilor baobabului Chapman ar fi cu reconstrucția precipitațiilor pentru regiunea vestică din Zimbabwe pe ultimii 200 ani, după Therrell și colab. (2006). Corelarea acestei arhive cu cea a precipitațiilor pentru Maun este slab pozitivă, dar semnificativă, cu grad de asociere acceptabil pentru anii 1950-1996. În figura 22, se poate observa că, de obicei, o cantitate mai ridicată de precipitații în Zimbabwe corespunde unei cantități pluviale mai reduse în Botswana. De asemenea, în Botswana precipitațiile au un caracter mai fluctuant.

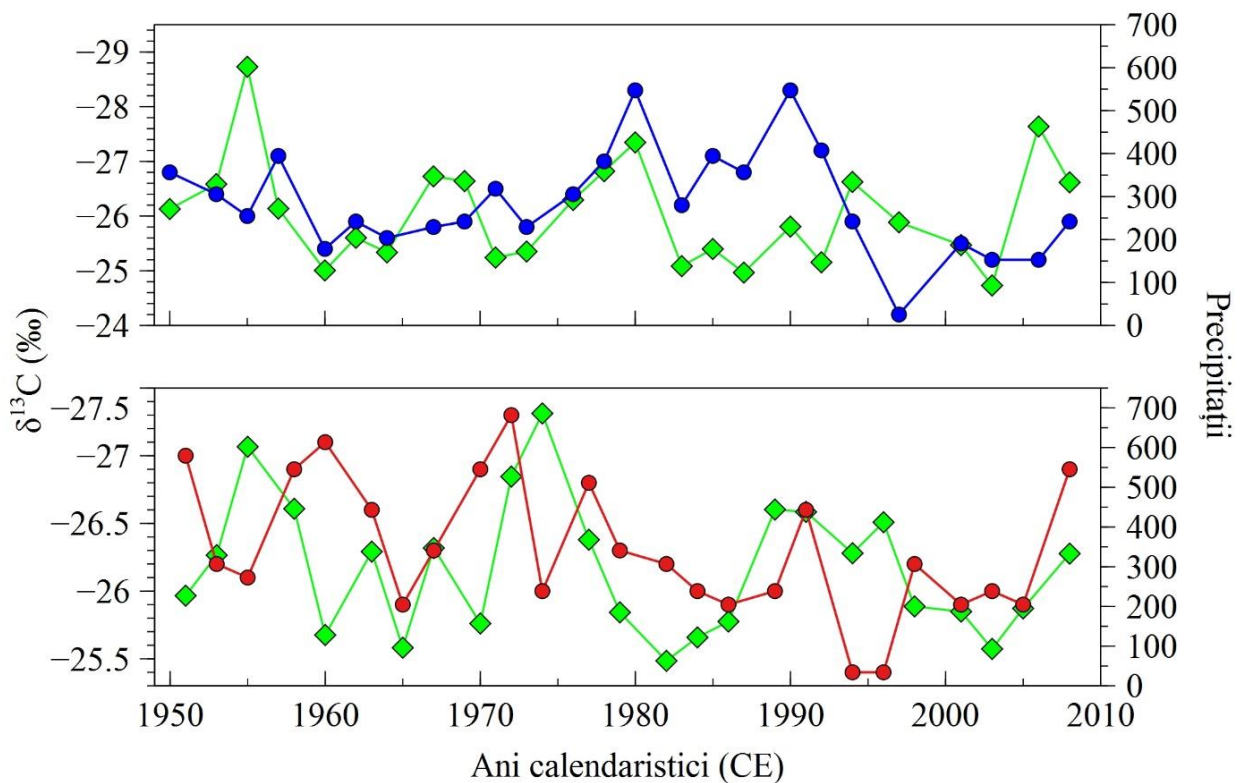


Figura 21. Comparație între arhiva pentru precipitații obținută din analiza $\delta^{13}\text{C}$ a mostrelor de baobab (pentru CH-3 în albastru și pentru CH-6 în roșu) și arhiva instrumentală după Mphale și colab. (2014) pentru orașul Maun (verde).

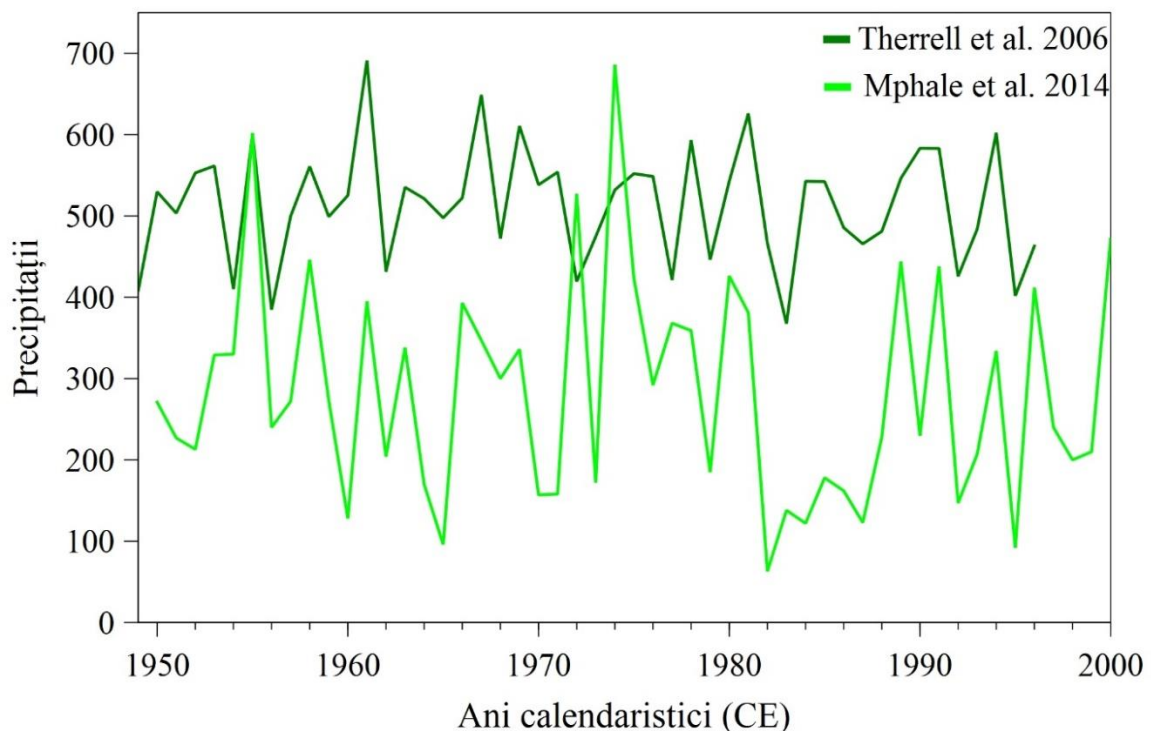


Figura 22. Reconstrucția precipitațiilor pentru Zimbabwe, după Therrell și colab. (2006) (verde închis) și valorile instrumentale pentru orașul Maun, Botswana, după Mphale și colab. (2014) (verde deschis).

Corelarea datelor pentru Zimbabwe cu cronologiile baobabului Chapman indică o relație pozitivă și semnificativă până în 1900, după care relația devine ușor negativă. Conform acestor rezultate, între anii 1800 și începutul secolului 20, condițiile umede din Zimbabwe au corespuns

unor condiții mai uscate în zona baobabului Chapman; această diferență s-a atenuat după anul 1900.

3.4. Influența activității solare. Climatul ultimului mileniu înainte de revoluția industrială (1760-1840) pare să fie modulată, în principal, de activitatea solară (Zharkova și colab., 2017; Luening și colab., 2017). Astfel, avem minimul Dalton (ca. 1797-1825) minimul Maunder (ca. 1645–1715; perioadă caracterizată de activitate solară extrem de redusă (Usoskin și colab., 2015)), minimul Spörer (ca. 1460-1550), minimul Wolf (ca. 1282–1342), maximul medieval (ca. 1100-1250) și minimul Oort (ca. 1010-1050), ca influențe marcante în arhivele paleoclimatice pentru ultimul mileniu (Stuiver și Quay, 1980; Hady, 2013; Luening și colab., 2017; Zharkova și colab., 2017). Media ponderată pe 21 ani a variațiilor izotopice $\delta^{13}\text{C}$ indică o perioadă preponderent uscată, dominată de precipitații reduse, care coincide cu Minimul Wolf (1282–1342). Această perioadă este cea mai uscată din setul de date pentru zona centrală a Botswanei și relevă o secetă acută prelungită. În Botswana, Perioada Caldă Medievală a avut un nivel de precipitații variabil, dar ridicat, combinat cu temperaturi mai mari ca în prezent (Tyson și colab., 2000).

Tendința de aridificare este evidentă după 1900, întărind concluzia mai multor studii (Kane, 2009; Mphale și colab., 2014; Kusangaya și colab., 2014), conform cărora, precipitațiile sunt tot mai reduse. Deși acest efect este replicat și în seriile izotopice, scala temporală elaborată arată că diminuarea cantității pluviale nu este severă raportată la secetele istorice din ultimul mileniu. Rezultatele noastre sunt susținute și de un reconstrucție pe ultimii 250 ani pentru sudul Botswanei pe mostre de lemn de *Vachellia erioloba* (Woodborne și colab., 2018).

Alte modificări evidente înregistrate în cronologii, precum perioade ploioase/secetoase, care nu pot fi explicate cu ajutorul activității solare, contribuie la o discriminare între influența Soarelui și altor parametri care afectează climatul Botswanei, precum (paleo)temperaturi marine (ENSO/SST) (Luening și colab., 2017).

3.5. Influența ENSO. Rezultatele corelării cu ENSO indică o corelare slab pozitivă, dar foarte semnificativă a seriei izotopice CH-3 cu ENSO (Li și colab., 2013) până spre sfârșitul secolului 19, relație care s-a inversat și a devenit negativă post 1900. Deși ENSO are un impact important asupra precipitațiilor din sudul Africii, relația are un caracter imprevizibil (Neukom și colab., 2014). Efectele ENSO pot fi accentuate sau diminuate de diferiți factori distali sau proximali, dar ele nu sunt încă înțelese suficient (Jury, 2015).

3.6. Influența SST. Pentru analiza influenței SST din zona nucleu a curentului Agulhas, s-a utilizat reconstrucția climatică bazată pe corali din Canalul Mozambic, în zona Ifaty, pe ultimii 400 ani. Rezultatele corelării cu setul de date pentru SST (Zinke și colab., 2014) din sud-vestul Oceanului Indian (zona nucleu a curentului Agulhas) arată o relație negativă semnificativă

puternică cu arhivele baobabului Chapman până la sfârșitul secolului al 19-lea. La fel ca și în cazul ENSO, relația s-a inversat după 1900. Astfel, anomaliile pozitive de temperatură din canalul Mozambic au fost responsabile de o cantitate ridicată de precipitații în Botswana până în 1900. Această deplasarea a TTT este în concordanță cu concluzia lui Woodborne și colab. (2018).

3.7. Compararea cu reconstrucția regiunii Limpopo, Africa de Sud. Compararea setului nostru de date cu cel al arhivei de precipitații combinate a baobabilor Africii de Sud (zona Pafuri și Mapungubwe) după Woodborne și colab. (2016) demonstrează că în nord-estul Africii de Sud, condițiile au devenit tot mai aride datorită deplasării TTT în interiorul continentului. Acest fapt a asigurat, pe de altă parte, condiții mai umede în Botswana.

Baobabul Chapman a fost singurul reprezentant al speciei pe o rază de 10 km, sugerând supraviețuirea sa ca relict într-o zonă cu tendință de aridificare. Este foarte posibil ca alte exemplare notabile (Guy, 1967) să se fi prăbușit în decursul ultimului secol, fapt susținut de inversarea relației cu ENSO și anomaliile SST din canalului Mozambic. Dispariția baobabului Chapman și a altor exemplare monumentale din zonă poate fi atribuită unor interacțiuni complexe între scăderea treptată a nivelului de precipitații și o creștere graduală a temperaturii în ultimul secol.

Capitolul VII. Schimbări climatice și declinul celor mai vârstnici și mari baobabi africani

În ultimii 15 ani, s-au datat, practic, toți baobabii superlativi cunoscuți, dar și alte specimene descoperite pentru prima dată de către echipa de cercetare pe teren, fie prin observații directe sau discuții cu localnicii. Numărul baobabilor monumentali se situează între 65-70 arbori. În decursul cercetărilor noastre am descoperit încă un fapt surprinzător: s-a constatat și documentat declinul la o magnitudine fără precedent a celor mai bătrâni și mai mari baobabi africani. Aceștia sunt distribuiți în sudul Africii, și anume 5 în Africa de Sud, 4 în Namibia, 3 în Zimbabwe și câte unul în Botswana, Mozambic și Zambia. Astfel, 9 dintre cei mai vârstnici 13 și 5 dintre cei mai mari 6 baobabi africani s-au prăbușit și au murit sau trunchiul/trunchiurile cele mai vârstnice au căzut și s-au descompus. Printre victime se numără cel mai bătrân, cel mai voluminos, dar și cel mai celebru baobab african. Din baobabii prăbușiți complet sau parțial, s-au colectat mostre de lemn care au fost investigate cu radiocarbon prin AMS. Rezultatele investigării și vârstele celor mai bătrâne mostre/segmente obținute din acești arbori superlativi au fost prezentate.

Nouă baobabi au sau au avut o structură inelară închisă (Panke, Holboom, Humani Bedford, Matendere, Luna, Lebombo, Lundu, Platland, Sagole), iar 4 o structură inelară deschisă (Dorslandboom, Glencoe, Makuri Lê boom, Chapman). Un specimen a avut o structură inelară incompletă (Grootboom), iar altul o structură de tip cluster (Makulu Makete).

Primul mare baobab african datat cu radiocarbon prin AMS (Grootboom) s-a prăbușit și a murit în 2004-2005. În cazul a încă 3 baobabi africani, toate trunchiurile s-au prăbușit și au murit (Panke în 2010-2011, Chapman în 2016, Makulu Makete în 2008). Pentru alți 6 indivizi, trunchiurile cele mai mari și mai bătrâne s-au prăbușit și au murit (Dorslandboom în 2006, Glencoe în 2009, Makuri Lê boom din 2005, Holboom din 2012, Lundu din 2014, Platland în 2016-2017), însă unele trunchiuri mai mici și mai tinere au supraviețuit. Prezentăm pe scurt caracteristicile baobabilor superlativi:

1. Baobab cel mai vârstnic

Baobab Panke din Matebeleland North, Zimbabwe (Alexander et al., 2000; Mullin, 2003), a fost un arbore robust cu trunchi masiv și ramuri uriașe. Baobabul avea o structură inelară închisă definită de un inel cu trei trunchiuri fuzionate în jurul unei cavități false de dimensiuni reduse (Fig. 23). În afara inelului existau alte 3 trunchiuri. Inspectorul-șef Chris Pollard a măsurat baobabul în 1985, obținând următoarele dimensiuni: $cbh = 25,50$ m, $h = 15,5$ m (Cashel, 1995). Volumul baobabului a fost estimat la 400 m³ (Patrut A. et al., 2018). În anul 2010, ramurile înalte s-au rupt

pe rând and au căzut. În continuare, trunchiurile au început să se rupă and s-au prăbușit pe rând în decurs de un an and jumătate.

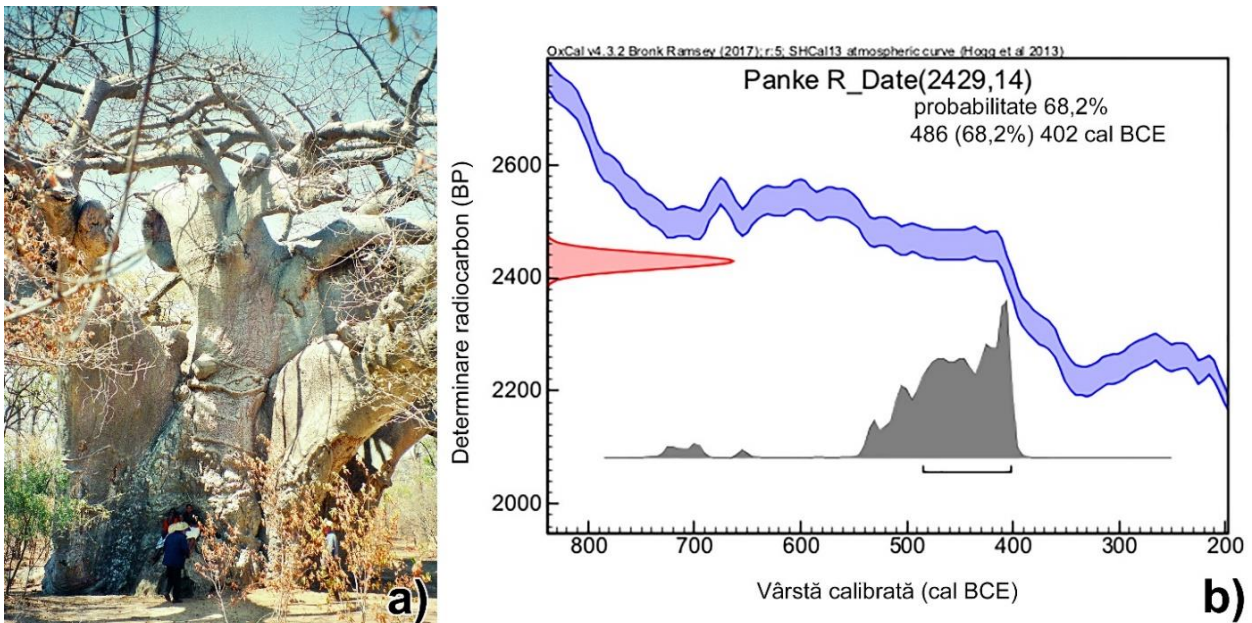


Figure 23. Vedere frontală a baobabului Panke (a); (J. Alexander). Curba de calibrare a celei mai bătrână mostre provenite din baobab Panke (b).

Cea mai bătrână mostră de lemn a avut o vârstă radiocarbon de 2429 ± 14 BP, care corespunde unei vârste calibrate de 2455 ± 40 ani. Aceasta este cea mai bătrână mostră datată, care provine dintr-un arbore angiosperm (Fig. 23b). Astfel, Panke devine cel mai bătrân baobab african and angiosperm din lume, cu datare exactă, cu o vârstă calculată la peste 2500 ani.

2. Baobab cel mai faimos baobab

Cel mai celebru baobab istoric a fost, fără îndoială, baobab Chapman, prezentat in extenso în capitolul VI (Fig. 24).

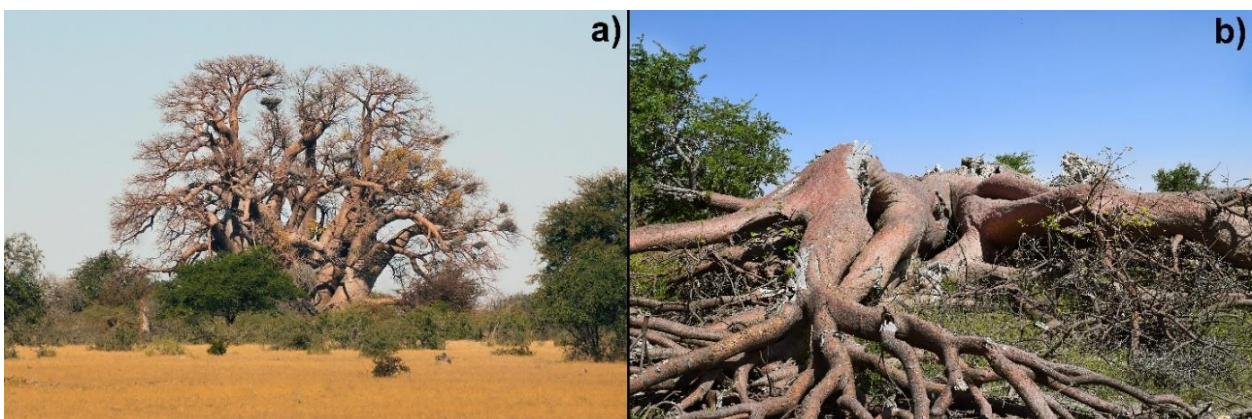


Figure 24. Baobab Chapman era un reper al călătorilor care traversau lacurile sărate secate (a). Toate cele 6 trunchiuri principale s-au prăbușit simultan în dimineața zilei de 7 ianuarie 2016 (b).

3. Baobabul cel mai mare

Arborele Platland, denumit and baobab Sunland, a fost cel mai mare baobab african, în termeni de volum. Baobab Platland este situat în provincia Limpopo, Africa de Sud. Arborele avea

o arhitectură atipică, și anume o structură inelară închisă dublă cu două cavități false interconectate. Astfel, baobab era compus din două unități distincte (Patrut A. et al., 2010a; 2011; 2017b). Măsurătorile au relevat următoarele dimensiuni: $h = 18,9$ m, $cbh = 34,11$ m și V (total) = 501 m³. Plantland este cel mai vizitat baobab din Africa de Sud, el fiind cunoscut și pentru barul „Sunland pub baobab” din interiorul cavității mari (Fig. 25). Vârsta calculată pentru unitatea I (prăbușită) este 800 ani și pentru unitatea II, este 1100 ani (Patrut A. et al., 2017b). Din mai 2016, unitatea I a început să se rupă succesiv. Este incert dacă unitatea II, mai mică and mai bătrână, va supraviețui.



Figura 25. Baobab Platland/Sunland era compus din două unități distincte ce formau o structură inelară dublă cu două cavități false interconectate (a). În interiorul cavităților funcționa un bar/pub (b).

Dorslandboom. Baobab Dorslandboom din Namibia, a fost descris în capitolul IV. Dorslandboom este al doilea baobab din lume, ca vârstă, după Panke, cu 2100 ani (Fig. 26).



Figure 26. Vedere generală a baobabului Dorslandboom. Poziția stemului dublu, care s-a prăbușit în anul 2006, este indicată cu o săgeată albă.

Glencoe. Baobab Glencoe (denumit „Glencoe tree”) din Africa de Sud, ocupă al treilea loc cu o vârstă de peste 2000 ani, în clasamentul celor mai vârstnici baobabi.

Holboom. Baobab Holboom se află în Namibia. Acest baobab are cel mai mare cbh = 35,10 m. Holboom este al patrulea cel mai bătrân and al șaselea cel mai mare baobab african cu $V = 340 \text{ m}^3$. Vârsta maximă calculată este 1800 ani.

Humani Bedford. Baobab Humani Bedford din Zimbabwe, descris în capitolul V, este cel mai bătrân baobab african în viață la 1800 ani.

Makuri Lê boom. Al cincilea baobab african ca vârstă este Makuri Lê boom, tot din Namibia. Acest arbore spectaculos este format din 12 trunchiuri și are o vârstă aproximată la este de 1800 ani (Patrut R.T. et al., 2020).

Grootboom. Grootboom din Namibia este al șaselea baobab african ca vârstă and al cincilea după volum (Patrut A. et al., 2007). La o vârsta de 1600 ani, Grootboom era cel mai înalt baobab african identificat, cu măsurători exacte.

Matendere. Marele baobab Matendere (denumit „Matendere Big baobab”), este al optulea baobab african ca vârstă and a fost descris în capitolul V. Baobabul are o vârstă de 1550 ani.

Luna. Baobab Luna se află în Africa de Sud. Vârsta baobabului a fost estimată la aproape 1600 ani (Patrut A. et al., 2015d).

Lebombo. Baobab Lebombo a fost prezentat în capitolul IV. Vârsta maximă a baobabului Lebombo este de 1400 ani. Astfel, Lebombo este al zecelea baobab african ca vârstă.

Makulu Makete. Baobab Makulu Makete (denumit „Makulu Makete Big baobab”) este al doisprezecelea baobab ca vârstă, după faimosul Chapman. Vârsta sa a fost estimată la 1250 ani.

Lundu. Lundu este al treisprezecelea baobab african ca vârstă. El se găsește în Zambia. Baobabul Lundu are vârsta maximă calculată de 1250 ani.

Sagole. Baobabul Sagole din Africa de Sud este al doilea baobab african în termeni de volum, după baobabul Platland/Sunland ($V = 414 \text{ m}^3$). Astfel, Sagole este cel mai mare baobab african în viață (Patrut A. et al., 2017b; 2017e). S-a determinat o vârstă de 850 ani pentru acest baobab.

Decesul majorității celor mai mari and mai bătrâni baobabi din sudul Africii în ultimii 15 ani este un semnal de alarmă de o gravitate fără precedent. Toate aceste prăbușiri s-au produs pe o suprafață de teren foarte mare, mulți dintre baobabii prăbușiți fiind specimene izolate pe o rază de câțiva kilometri. Dimensiunea extinsă a acestui fenomen and absența oricăror semne care ar putea indica vreo afecțiune, demonstrează că nu este vorba despre o epidemie (Fig. 27). Cercetările pe teren and discuțiile cu localnicii arată o creștere a mortalității (aparent din cauze naturale) și în rândul unor baobabi maturi mai tineri and de dimensiuni mai reduse. Este foarte puțin probabil ca variația nivelului de precipitații din ultima perioadă să reprezinte singura cauză a mortalității baobabilor, deoarece acești arbori milenari au supraviețuit atât unor condiții mai secetoase cât and

unora mai umede în trecut. Cu toate acestea, creșterea sensibilă a temperaturii poate avea o contribuție importantă în acest sens. Arborii mari and bătrâni sunt cel mai puternic afectați de pe urma secetelor (Bennett et al., 2015).

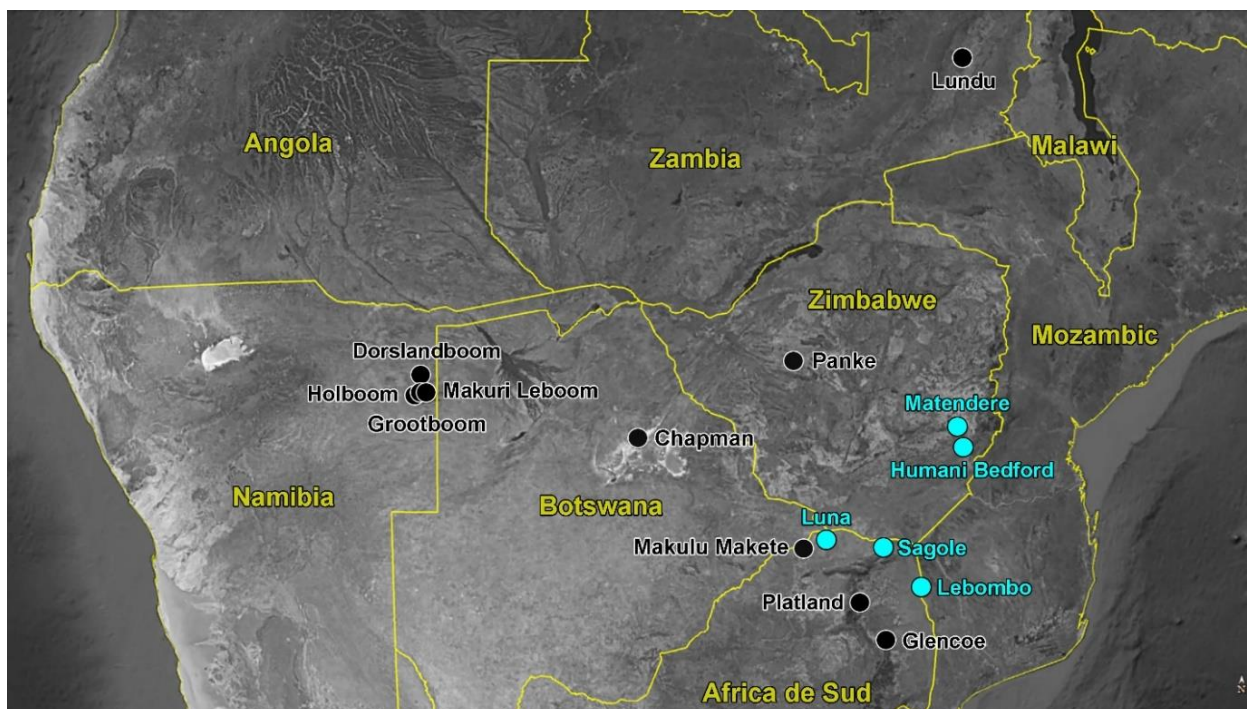


Figure 27. Localizarea baobabilor africani superlativi din sudul Africii este marcată cu puncte negre (for speciemenle decedate sau prăbușite parțial) and cu puncte albastre (pentru baobabii în viață cu stare de vegetație relativ bună); (Google Earth, modificat).

Dovezile paleoclimatice arată că baobabii din sudul Africii au supraviețuit unor condiții mai reci, mai umede sau mai uscate decât cele actuale, dar probabil nu and unor temperaturi mai ridicate.

Considerăm că, în contextul schimbărilor climatice, creșterea temperaturii corelată cu secete acute and prelungite, au reprezentat un factor decisiv for dispariția celor mai mari and mai bătrâni baobabi din lume.

Capitolul VIII. Concluzii

Datorită unor rezultate neașteptate și surprinzătoare, investigările cu radiocarbon pentru determinarea vârstei, arhitecturii și vitezei de creștere a baobabilor au fost continuate.

Abilitatea de genera trunchiurilor multiple de-a lungul vieții la baobabi permite obținerea unor arhitecturi complexe, care asigură atingerea unor dimensiuni extraordinare și vârste milenare. Toți baobabii africani cu $cbh > 14$ m conțin numeroase trunchiuri. Baobabul din Warang, Senegal, este exemplarul cu cel mai mare număr de trunchiuri pentru genul *Adansonia*, și anume 18 trunchiuri fuzionate parțial, care au permis atingerea celei mai mari circumferințe pentru un baobab din emisfera nordică: 28,69 m.

Investigarea cu radiocarbon a baobabului din Warang a evidențiat că 6 din cele 18 trunchiuri sunt false. Aceste trunchiuri false emerg oblic de la o anumită înălțime dintr-un trunchi și se unesc în partea lor inferioară cu sistemul radicular. Trunchiurile false cu rol de ancoră au aspect trapezoidal în secțiune orizontală și zona cea mai vârstnică se găsește la punctul superior de contact cu trunchiul adiacent.

Structurile inelare sunt arhitecturi unice genului *Adansonia*. Se cunosc două subtipuri de structuri inelare: structura inelară deschisă și structura inelară închisă. În structura inelară deschisă, trunchiurile pot fi identificate cu ușurință, fiind concrescute doar la bază. În structurile inelare închise, mai multe trunchiuri fuzionate cvasiperfect sunt dispuse circular în jurul unui spațiu gol, pe care l-am denumit cavitate falsă. Diferența principală dintre cavitățile obișnuite și cele false este prezența scoarței pe pereții interiori. Cavitățile false tind să se micșoreze în timp (datorită creșterii radiale) în timp ce cavitățile naturale tind să se mărească (datorită procesului continuu de descompunere). Secvența de vârstă tipică a mostrelor recoltate din interiorul cavității false (spre exterior) sau din exteriorul trunchiului (spre cavitate) prezintă aceeași anomalie, și anume valorile de vârstă cresc până la un anumit punct, după care descresc spre direcția opusă. Baobabul din Warang are o structură cluster și o structură inelară închisă definită de 3 trunchiuri, care închid o cavitate falsă accesibilă. Vârsta baobabului Warang este relativ modestă, ea fiind de doar 500 ± 50 ani. Structurile inelare permit baobabilor să atingă vârste milenare și dimensiuni uriașe.

Cercetările au arătat că, în anumite cazuri, inelele de creștere adiacente scoarței sunt foarte bătrâne datorită oprirea creșterii radiale a trunchiului, cu continuarea normală a proceselor fiziologice (producerea de frunze, flori și fructe). Rezultatele datării cu radiocarbon a 7 baobabi ai genului *Adansonia* au fost prezentate și discutate. S-au identificat patru factori care pot contribui la declanșarea fenomenului de oprire a creșterii, și anume: (i) stresul indus de condiții nefavorabile, precum modificări climatice severe; (ii) vârsta înaintată; (iii) menținerea unei arhitecturi interne stabile; (iv) un șoc indus de un traumatism major. Oprirea creșterii a fost asociată cu capacitatea

baobabilor de a stoca apă în tulpină pe perioada anotimpului secetos. Baobabii ai căror trunchiuri sunt afectați de oprirea creșterii pot supraviețui în această stare pentru mai mult de 6 secole. Oprirea creșterii a fost documentată pentru *A. digitata*, *A. grandidieri* și *A. rubrostipa*.

Rezervația Savé Valley din Zimbabwe găzduiește mii de baobabi africani. Patru baobabii superlativi din această au fost investigați cu radiocarbon. Toți baobabii cercetați au cbh > 23 m, vârste milenare și structuri inelare închise cu cavitate falsă în interior. Vârstele baobabilor monumentali sunt: 1550 ± 100 ani pentru baobabul Matendere, respectiv 1200 ± 100 ani pentru baobabii Chishakwe and Mokore. Vârsta maximă calculată pentru baobabul Humani Bedford este de 1800 ani, care îl califică drept cel mai bătrân baobab african și angiosperm în viață.

În timpul expedițiilor pe teren, s-a descoperit în zona Morombe un baobab remarcabil din specia *A. grandidieri*, denumit Grand Reniala din Isosa. Măsurătorile arată un volum de 540 m³, prin care acesta devine cel mai mare baobab și angiosperm din lume. Vârsta minimă calculată pe baza vitezelor de creștere este de 1000 ± 100 ani.

Baobabul istoric Chapman, un simbol al Botswanei, s-a prăbușit în ianuarie 2016. Baobabul Chapman a avut o structură inelară deschisă, formată din 6 trunchiuri principale fuzionate doar la bază, care aparțineau de 3 generații distincte, anume 1350-1400 ani (trunchiul III), 800-1000 ani (trunchiurile I, V și VI) și 500-600 ani (trunchiurile II și IV). Doar trunchiul III face parte din inelul original. Cauzele prăbușirii au fost identificate: creșterea dimensiunilor cavității comune, conținutul redus de apă al lemnului asociat cu seceta severă cauzată de evenimentul El Niño foarte intens, înclinarea trunchiurilor și vârsta înaintată.

După prăbușirea baobabului Chapman, s-au 2 mostre lungi. Prin analiză de izotopi stabili de carbon a mostrelor provenite din baobabul Chapman s-a obținut o arhivă proxy a precipitațiilor din ultimul mileniu pentru zona centrală a Botswanei. Minimele și maximele activității solare, dar și secetele istorice din ultimului mileniu sunt bine evidențiate de seriile izotopice. Arhiva obținută demonstrează că, în trecut, au existat atât condiții mai umede, cât și mai uscate pentru Botswana. Relația climatului cu ENSO și SST s-a inversat în ultimul secol. În general, cantitatea precipitațiilor a fost mai ridicată în Africa de Sud, dar mai scăzută în Botswana, decât în prezent.

În ultimii ani s-a constatat un fapt îngrijorător, anume prăbușirea parțială sau totală a baobabilor africani maturi, mai ales a celor monumentali. Astfel, din 2005, 9 dintre cei mai vârstnici 13 și 5 dintre cei mai mari 6 baobabi africani s-au prăbușit parțial sau în totalitate. Declinul celor mai mari și vârstnici baobabi din sudul Africii nu a fost provocat de o epidemie și nici de vârsta lor înaintată. Prăbușirile sunt asociate cu schimbări climatice recente, atribuite unor interacțiuni complexe între scăderea treptată a nivelului de precipitații și o creștere graduală a temperaturii.

Performanța științifică

1. Articole publicate

1.1 Rezultatele publicate, incluse în capitolele tezei:

- Capitolul III:

1. Patrut A., Garnaud S., Ka O., **Patrut R.T.**, Diagne T., Lowy D.A., Forizs E., Bodis J., von Reden K.F., African baobabs with a very large number of stems and false stems: Radiocarbon investigation of the baobab of Warang, *Studia UBB Chemia*, 2017, LXII, 1, 111-120. doi:10.24193/subbchem.2017.1.09

- Capitolul IV:

2. Patrut A., Woodborne S., von Reden K.F., Hall G., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Lowy D.A., Margineanu D., The growth stop phenomenon of baobabs (*Adansonia* spp.) identified by radiocarbon dating, *Radiocarbon*, 2017, 59(2), 435-448. doi:10.1017/RDC.2016.92.

- Capitolul V:

3. Patrut A., Rakosy L., **Patrut R.T.**, Ratiu I.A., Forizs E., Margineanu D., von Reden K.F., Radiocarbon dating of a very old baobab from Savé Valley, Zimbabwe, *Studia UBB Chemia*, 2016, LXI, 4, 7-20.

4. Patrut A., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Lowy D.A., Margineanu D., von Reden K.F., Radiocarbon investigation of the superlative African baobabs from Savé Valley Conservancy, Zimbabwe, *Studia UBB Chemia* LXIV(2): 7-14, 2019, doi: 10.24193/subbchem.2019.2.35.

5. **Patrut R.T.**, Patrut A., Leong Pock-Tsy J.-M., Woodborne S., Rakosy L., Danthu P., Ratiu I.A., Bodis J., von Reden K., Radiocarbon investigation of a superlative *Grandidier* baobab, the Big Reniala of Isosa, *Studia UBB Chemia* LXIV(4): 131-139, 2019, doi: 10.24193/subbchem.2019.4.10.

- Capitolul VI:

6. Patrut A., Woodborne S., **Patrut R.T.**, Hall G., Rakosy L., Winterbach C., von Reden K.F., Age, growth and death of a national icon: the historic Chapman baobab of Botswana, *Forests* 10(11): 983, 2019, doi: 10.3390/f10110983.

- Capitolul VII:

7. Patrut A., Woodborne S., **Patrut R.T.**, Hall G., Rakosy L., von Reden K.F., Lowy D.A., Margineanu D., Radiocarbon dating of African baobabs with two false cavities: The investigation of Luna tree, *Studia UBB Chemia*, 2015, LX, 4, 7-20.

8. Patrut A., Woodborne S., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Lowy D.A., Hall G., von Reden K.F., The demise of the largest and oldest African baobabs, *Nature Plants*, 2018, doi.org/10.1038/s41477-018-0170-5.

9. Patrut A., **Patrut R.T.**, Van Pelt R., Lowy D.A., Forizs E., Bodis J., Margineanu D., von Reden K.F., Radiocarbon dating of a very large African baobab from Limpopo, South Africa: Investigation of the Sagole Big tree, *Studia UBB Chemia*, 2017, LXII, 2, Tom II, 355-364. doi:10.24193/subbchem.2017.2.28.

10. Patrut A., Woodborne S., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Hall G., Ratiu I.A., von Reden K.F., Final radiocarbon investigation of Platland tree, the biggest African baobab, *Studia UBB Chemia*, 2017, LXII, 2, Tom II, 347-354. doi:10.24193/subbchem.2017.2.27.

11. **Patrut R.T.**, Patrut A., Rakosy D., Rakosy L., Löwy D.A., Bodis J., von Reden K., Radiocarbon dating of Makuri Lê boom, a very old African baobab from Nyae Nyae, Namibia, *Studia UBB Chemia LXV(2)*: 149-159, 2020, doi: 10.24193/subbchem.2020.2.12.

1.2. Alte articole publicate pe parcursul stagiului doctoral:

12. Patrut A., Patrut R.T., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Rakosy L., Lowy D.A., von Reden K.F., AMS radiocarbon dating of large za baobabs (*Adansonia za*) of Madagascar, *PLoS ONE*, 2016, 11(1), e0146977. doi:10.1371/journal.pone.0146977.

13. Patrut A., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Bodis J., Lowy D.A., Forizs E., von Reden K.F., African baobabs with double closed ring-shaped structure and two separate false cavities: Radiocarbon investigation of the baobab of Golconda Fort, *Studia UBB Chemia*, 2016, LXI, 4, 21-30, doi: 10.24193/subbchem.2017.1.09.

14. Woodborne S., Hall G., Jones C.W., Loader N.J., Patrut A., **Patrut R.T.**, Robertson I., Winkler S.R., Winterbach C.W., A 250-an, proxy rainfall record from southern Botswana, *Studia UBB Chemia*, 2018, LXIII, 1, 109-123. doi:10.24193/subbchem.2018.1.09.

15. Patrut A., **Patrut R.T.**, L. Rakosy, I.A. Rațiu, D.A. Lowy, J. Bodis, K.F. von Reden, Radiocarbon dating of the old ash of Aiton, Romania, *Studia UBB Chemia*, 2018, LXIII.

16. Patrut A., Robu N., Savu V., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Ratiu I.A., Lowy D.A., Margineanu D., von Reden K.F., Radiocarbon investigation of the pedunculate oak of Botoșana, *Studia UBB Chemia*, 2018, LXIII, 4, 13-20.

17. Patrut A., Garg A., Woodborne S., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Ratiu I.A., Lowy D.A., Radiocarbon dating of two old sacred baobabs from India, *PLOS ONE* 15(1): e0227352, doi: 10.1371/journal.pone.0227352.

2. Conferințe științifice internaționale la care a participat studentul-doctorand:

-16-20 noiembrie 2015: Conferința internațională Radiocarbon-22, Dakar, Senegal

- 14-18 august 2017: Conferința internațională AMS-14, Ottawa, Canada
- 25-29 septembrie 2017: Conferința internațională PMIP4, Stockholm, Suedia
- 17-22 iunie 2018: Conferința internațională Radiocarbon-23, Trondheim, Norvegia
- 15-17 decembrie 2019: Congresul internațional al baobabilor, Morondava, Madagascar

3. Prezentări susținute la conferințe științifice internaționale:

- 16-20 noiembrie 2015: Conferința internațională Radiocarbon-22, Dakar, Senegal; 2 prezentări tip poster cu titlul **The growth stop phenomenon of baobabs (*Adansonia spp.*) identified by AMS radiocarbon dating** (autori: Patrut A., Woodborne S., von Reden K.F., Hall G., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Lowy D.A., Margineanu D.) respectiv **Radiocarbon dating of African baobabs (*Adansonia digitata*) with ring-shaped structures and false cavities** (autori: **Patrut R.T.**, von Reden K.F., Woodborne S., Rakosy L., Patrut A., Hall G., Garnaud S., Lowy D.A., Margineanu D.)
- 14-18 august 2017: Conferința internațională AMS-14, Ottawa, Canada; 2 prezentări tip poster cu titlul **AMS radiocarbon dating of the largest and oldest African baobabs of Senegal** (autori: Patrut A., **Patrut R.T.**, Woodborne S., von Reden K., Ka O., Garnaud S., Lowy D.A.) respectiv **AMS radiocarbon dating of baobabs from dwarf baobab groves** (autori: Patrut A., Woodborne S., **Patrut R.T.**, Rakosy L., Hall G., von Rden L, Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Margineanu D.)
- 25-29 septembrie 2017: Conferința internațională PMIP4, Stockholm, Suedia; o prezentare cu titlul **Comparing a high spatial/temporal resolution rainfall proxy dataset from southern Africa with a last millennium simulation** (autori: Woodborne S., Zhang Q., Hall G., Hamilton T., Patrut A., **Patrut R.T.**);
- 17-22 iunie 2018: Conferința internațională Radiocarbon-23, Trondheim, Norvegia; o prezentare de tip poster cu titlul **AMS radiocarbon dating of very large African baobab trees from Savé Valley, Zimbabwe** (autori: Patrut A., **Patrut R.T.**, Rakosy L., von Reden K.F., Lowy D.A., Margineanu D.) și o prezentare orală susținută de Roxana Pătruț, cu titlul **Main results of thirteen ani of radiocarbon investigation of large and old African baobab trees** (autori: **Patrut R.T.**, Patrut A., Woodborne S., Rakosy L., von Reden K., Lowy D.A., Hall G, Ratiu I.-A.)
- 15-17 decembrie 2019: Congresul internațional al baobabilor, Morondava, Madagascar, prezentare orală cu titlul: **Dimensions, âge, architecture, croissance, mort et conservation des plus gros *Adansonia grandidieri*** (Patrut A., **Patrut R.T.**, Leong Pock-Tsy J.-M., Danthu P., Woodborne S., Rakosy L.)

4. Proiecte în care studentul-doctorand a făcut parte din echipa de cercetare:

1. Din septembrie 2013 până în decembrie 2016, nr: 76/2013 cod: PN-II-ID-PCE-2012-4-0393, denumire: Cercetări noi în dendrocronologie și modificări climatice prin datare cu radiocarbon prin AMS/CFAMS și analiza de izotopi stabili .

2. Din iulie 2017 până în decembrie 2019, nr: 90/2017, cod: PN-III-P4-ID-PCE-2016-0776, denumire: Investigarea vârstei și arhitecturii unor arbori angiospermi monumentali prin datare cu radiocarbon, respectiv studiul climatic al mostrelor recoltate din acești arbori prin analiza de izotopi stabili.

5. Stagii de cercetare ale studentului-doctorand:

1. Stagiul de cercetare la Universitatea din Pretoria și facilitatea iThemba LABS din Johannesburg, în perioada februarie-aprilie 2017.

2. Stagiul de cercetare la Universitatea din Pretoria și facilitatea iThemba LABS din Johannesburg, în perioada octombrie-noiembrie 2017.

Mulțumiri

Adresez mulțumiri întregii echipe de cercetare care a realizat cu succes expediții dificile în locuri puțin vizitate, însă frecventate de animale sălbatice, la temperaturi extreme și în condiții neprietenoase. Mulțumesc deosebit conducătorului științific, Prof. Univ. Dr. László Rákosy, pentru disponibilitate, îndrumare și discuții valoroase, fără de care această teză nu ar fi fost posibilă. Adresez mulțumiri speciale Prof. Stephan Woodborne și Dr. Grant Hall, care mi-au oferit șansa de a lucra împreună atât în laborator, cât și pe teren, și au avut o contribuție majoră în studiul climatic. Adresez mulțumiri lui Hlulani Rikhotso pentru susținerea continuă și asistarea în revizia finală. Mulțumesc directorului de proiect, care mi-a oferit minunata oportunitate de a lucra și învăța într-un mediu academic, cu oameni de știință remarcabili. Nu în ultimul rând, mulțumesc părinților mei, care s-au străduit să îmi ofere cele mai bune șanse în viață și fără de care nu aş ajuns astăzi aici.

Bibliografie

- Adanson M., *Description d'un arbre d'un nouveau genre, appelé baobab, observé au Sénégal*, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences 63: 218-243, 1761, doi: N/A.
- Ávila-Lovera E., Ezcurra E., Stem-Succulent Trees from the Old and New World Tropics, in *Tropical Tree Physiology* (editori Goldstein G., Santiago L.), Tree Physiology, vol 6., Springer, Cham, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-27422-5_3.
- Baum D.A., A systematic revision of *Adansonia* (Bombacaceae), Annals of the Missouri Botanical Garden, 82(3): 440-470, 1995, doi: 10.2307/2399893.
- Baum D.A., Small R.L., Wendel J.F., Biogeography and floral evolution of baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae), as inferred from multiple data sets, Systematic Biology 47(2): 181-207, 1998, doi: 10.1080/106351598260879.
- Bell K.H., Rangan H., Kull C.A., Murphy D.J., The history of introduction of the African baobab (*Adansonia digitata*, Malvaceae, Bombacoideae) in the Indian subcontinent, Royal Society Open Science 2(9), 2015, doi: 10.1098/rsos.150370.
- Bennett A. C., McDowell N. G., Allen C. D., Anderson-Teixeira K. J., Larger trees suffer most during drought in forest worldwide, Nature Plants, 1(10): 1-5, 2015, doi: 10.1038/NPLANTS.2015.139.
- BGCI (Botanic Gardens Conservation International) & IUCN SSC Global Tree Specialist Group, *Adansonia gregorii*, The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T146626600A146626602, 2019, doi: 10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T146626600A146626602.en. (Accesat pe 10 februarie 2020).
- Bronk Ramsey C., Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon 51(1): 337-360, 2009, doi:10.1017/S0033822200033865.
- Carvalho-Sobrinho J.G., Alverson W.S., Alcantara S., de Queiroz L.P., da Mota A.C., Baum D.A., Revisiting the phylogeny of Bombacoideae (Malvaceae): novel relationships, morphologically cohesive clades, and a new tribal classification based on multilocus phylogenetic analyses, Molecular Phylogenetics and Evolution 101: 56-74, 2016, doi: 10.1016/j.ympev.2016.05.006.
- Chapotin S.M., Razanamiharizaka J.H., Holbrook N.M., Water relations of baobab trees (*Adansonia* spp. L.) during rainy season: does stem water buffer daily water deficits?, Plant, Cell & Environment 29(6): 1021-1032, 2006a, doi: 10.1111/j.1365-3040.2005.01456.x.
- Chapotin S.M. Razanameharizaka J.H., Holbrook N.M., Baobab trees (*Adansonia*) in Madagascar use stored water to flush new leaves but not to support stomatal opening before the rainy season, New Phytologist 169(3): 549-559, 2006b, doi: 10.1111/j.1469-8137.2005.01618.x.
- Chapotin S. M., Razanameharizaka J. H., Holbrook N. M., A biomechanical perspective on the role of large stem volume and high water content in baobab trees (*Adansonia* spp.; Bombacaceae). American Journal of Botany 93(9): 1251-1264, 2006c, doi 10.3732/ajb.93.9.1251.
- Grey D., Cooke H.J., Some problems in the Quaternary evolution of the landforms of Northern Botswana, *Catena* 4(1): 123-133, 1977, doi: 10.1016/0341-8162(77)90014-5.
- Cuni Sanchez A., Osborne P.E., HAQ N., Identifying the global potential for baobab tree cultivation using ecological niche modelling, Agroforestry Systems 80(2): 191-210, 2010, doi: 10.1007/s10457-010-9282-2.
- De Smedt S., Cuni Sanchez A., Van den Blicke N., Simmbo D., Potters G., Samson R., Functional responses of baobab (*Adansonia digitata* L.) seedlings to drought conditions: Differences between western and south-eastern Africa Environmental and Experimental Botany 75: 181-18, 2012, doi: 10.1016/j.envexpbot.2011.09.011.
- Détienne P., Appearance and Periodicity of Growth Rings in some Tropical Woods, IAWA Journal/International Association of Wood Anatomists 10(2):123-132, 1989, doi: 10.1163/22941932-90000480.

Engelbrecht F., Adegoke J., Bopape M.-J., Naidoo M., Garland R., Thatcher M., McGregor J., Katzfey J., Werner M., Ichoku C., Gatebe C., Projections of rapidly rising surface temperatures over Africa under low mitigation, *Environmental Research Letters* 10(8): 085004, 2015, doi: 10.1088/1748-9326/10/8/085004.

Fauchereau N., Pohl B., Reason C.J.C., Rouault M., Richard Y., Recurrent daily OLR patterns in the Southern Africa/Southwest Indian Ocean region, implications for South Africa rainfall and teleconnections, *Climate Dynamics* 32(4):575-591, 2009, doi: 10.1007/s00382-008-0426-2.

Gebauer J., Adam Y.O., Cuni Sanchez A., Darr D., Eltahir M.E.S., Fadl K.E.M., Fernsebner G., Frei m., Habte T.-Y., Hammer K., Hunsche M., Johnson H., Kordofani M., Krawinkel M., Kugler F., Luedeling E., Mahmoud T.E., Maina A., Mithöfer D., Munthali C.R.Y., Noga G., North R., Owino W.O., Prinz K., Rimberia F.K., Saied A., Schüring M., Sennhenn A., Späth M.A., Taha M.E.N., Triebel A., Wichern F., Wiehle M., Wrage-Mönnig N., Kehelnbeck K., Africa's wooden elephant: the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Sudan and Kenya: a review, *Genetic Resource and Crop Evolution* 63(3): 377-399, 2016, doi: 10.1007/s10722-015-0360-1.

Gebre Kirstos A., Bra A., Sass-Klassen U., Mbow C., Opportunities and applications of dendrochronology in Africa, *Current Opinion on Environmental Sustainability* 6(1): 48–53, 2014, doi: 10.1016/j.cosust.2013.10.011.

Guy G.L., Notes on some historic baobabs, *Rhodesiana* 16: 17-26, 1967, doi: N/A.

Guy G. L., *Adansonia digitata* and its rate of growth in relation to rainfall in South Central Africa, *Proceedings & Transactions, Rhodesia Scientific Association* 54(2): 68-84, 1970, doi: N/A.

Hady A.A., Deep solar minimum and global climate changes, *Journal of Advanced Research* 4(3): 209-214, 2013, doi: 10.1016/j.jare.2012.11.001.

Hochreutiner B.P.G., Un nouveau baobab – Revision du genre *Adansonia*, *Annuaire Conservation, Jardin Botanique Genève*, pp. 136-143, 1908, doi: N/A.

Hogg A.G., Hua Q., Blackwell P.G., Niu M., Buck C.E., Guilderson T.P., Heaton T.J., Palmer J.G., Reimer P.G., Reimer R.W., Turney C.S.M., Zimmerman S.R.H., SHCal13 Southern Hemisphere calibration, 0-50,000 ani cal BP, *Radiocarbon* 55(4): 1889-1903, 2013, doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16783.

Hua Q., Barbetti M., Rakowski A.J., Atmospheric Radiocarbon for the Period 1950-2010, *Radiocarbon*, 55(4): 2059-2072, 2013, doi: 10.2458/azu_js_rc.v55i2.16177.

IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (editori: Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer). IPCC, Geneva, Switzerland, 2014, doi: N/A.

IUCN (International Union for Conservation of Nature), The IUCN Red List of Threatened Species, versiunea 2019-2, 2019, accesibil online la: www.iucnredlist.org. (Accesat pe 05 iulie 2019).

Jury M.R., Passive suppression of South African rainfall by the Agulhas Current, *Earth Interactions* 19(13): 150916154153004, 2015, doi: 10.1175/EI-D-15-0017.1.

Kane R. P., Periodicities, ENSO Effects and Trends of Some South African Rainfall Series: An Update, *South African Journal of Science* 105(5): 199-207, 2009, doi: 10.4102/sajs.v105i5/6.90.

Kotina E., Oskolski A.A., Tilney P., Van Wyk B.-E., Bark anatomy of *Adansonia digitata* L. (Malvaceae), *Adansonia* 39(1): 31-40, 2017, doi: 10.5252/a2017n1a3.

Kusangaya S., Warburton M.L., Archer van Garderen E., Jewitt G.P.W., Impacts of climate change on water resources in southern Africa: A review, *Physics and Chemistry of the Earth* 67-69: 47-54, 2014, doi: 10.1016/j.pce.2013.09.014.

Lanzante J.R., Resistant, robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: Theory and examples, including applications to historical Radiosonde Station data, *International Journal of Climatology* 16(11): 1197–1226, 1996, doi: 10.1002/(SICI)1097-0088(199611)16:113.0.CO;2-L.

L'Heureux M.L., Takahashi K., Watkins A.B., Barnston A.G., Becker E.J., Di Liberto T.E., Gamble F., Gottschalck J., Halpert M.S., Huang B., Mosquera K., Wittenberg A.T., Observing and Predicting the 2015-16 El Niño, *Bulletin of the American Meteorological Society* 98(7): 1363-1382, 2017, doi: 10.1175/BAMS-D-16-0009.1.

Letsara R., Faramalala M., Razafindrahaja V., Faranirina L., *Adansonia perrieri*, The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T33612A64366847, 2019a, doi: 10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T33612A64366847.en. (Accesat pe 10 februarie 2020)

Letsara R., Faranirina L., Razafindrahaja V., Faramalala M., *Adansonia rubrostipa*, The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T37679A64366919, 2019b, doi: 10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T37679A64366919.en. (Accesat pe 10 februarie 2020)

Letsara R., Faramalala M., Razafindrahaja V., Faranirina L., 2019c. *Adansonia za*, The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T37680A64367122, 2019c, doi: 10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T37680A64367122.en. (Accesat pe 10 februarie 2020)

Li J., Xie S.-P., Cook E.R., Morales M.S., Christie D.A., Johnson N.C., Chen F., D'Arrigo R., Fowler A.M., Gou X., Fang K., El Niño modulations over the past seven centuries, *Nature Climate Change* 3(9): 822-826, 2013, doi: 10.1038/nclimate1936.

Linnaeus C., *Species Plantarum*. Impensis Laurentii Salvii, Stockholm, 1753, doi: N/A.

Linnaeus C., *Systema Naturae*, ed 10, Impensis Direct Laurentii Salvii, Stockholm, 1759, doi: N/A.

Lindsay P., du Toit R., Pole A., Romanach S., Savé Valley Conservancy: A Large-Scale African Experiment in Cooperative Wildlife Management, în *Evolution and Innovation in Wildlife Conservation*, (editori: Suich H., Child B., Spenceley A.), Earthscan, London, Sterling, VA, pp.163-186, 2009.

Loader N.J., Robertson I., Baker A.C., Switsur V.R., Waterhouse J.S., An improved technique for the batch processing of small wholewood samples to α -cellulose, *Chemical Geology* 136(3-4): 313-317, 1997, doi: 10.1016/S0009-2541(96)00133-7.

Luening S., Galka M., Vahrenholt F., Warming and Cooling: The Medieval Climate Anomaly in Africa and Arabia, *Paleoceanography* 32: 1219–1235, 2017, doi: 10.1002/2017PA003237.

Madagascar Catalogue, *Adansonia suarezensis* H. Perrier. St. Louis, U.S.A. and Antananarivo, Madagascar, 2018. Accesibil online: www.tropicos.org/NamePage.aspx?nameid=3900449&projectid=17.

Mphahlele K., Dash S.K., Adedoyin A., Panda S.K., Rainfall regime changes and trends in Botswana Kalahari Transect's late summer precipitation, *Theoretical and Applied Climatology* 116(1): 75-91, 2014, doi: 10.1007/s00704-013-0907-z.

Neukom R., Nash D.J., Endfield G.H., Grab S.W., Grove C.A., Kelso C., Vogel C.H., Zinke J., Multi-proxy summer and winter precipitation reconstruction for southern Africa over the last 200 ani, *Climate Dynamics* 42(9-10): 2713-2726, 2014, doi: 10.1007/s00382-013-1886-6.

Pakenham T., *The Remarkable Baobab*, Weidenfeld & Nicolson, London, 2004, doi: N/A.

Patrut A., von Reden K., Lowy D.A., Lindeque P., Alberts A.H., Wittmann R., Forizs E., Margineanu D., Pohlman J., Xu L., Gerlach D., Mitchell S., Accelerator mass spectrometry radiocarbon dating of a very old tropical tree: Preliminary report. I. Radiocarbon dates, *Studia University Babeş-Bolyai Fascicula Chemia* 51: 71-84, 2006a, doi: N/A.

Patrut A., von Reden K., Lowy D.A., Forizs E., Margineanu D., Alberts A.H., Lindeque P., Pohlmann J., Wittmann R., Gerlach D., Xu L., Mitchell C.S., Accelerator mass spectrometry radiocarbon dating of a very old tropical tree: Preliminary report. II. Calibrated results, *Studia University Babeş-Bolyai Fascicula Chemia* 51: 85-102, 2006b, doi: N/A.

Patrut A., von Reden K.F., Lowy D.A., Alberts A.H., Pohlman J.W., Wittmann R., Gerlach D., Xu L., Mitchell C. S., Radiocarbon dating of a very large African baobab, *Tree Physiology* 27: 1569-1574, 2007, doi: 10.1093/treephys/27.11.1569.

Patrut A., Mayne D.H., von Reden K.F., Lowy D.A., van Pelt R., McNichol A.P., Roberts M.L., Margineanu D., Fire History of a Giant African Baobab evinced by Radiocarbon Dating, *Radiocarbon* 52(2): 717-726, 2010a, doi: 10.1017/S0033822200045732.

Patrut A., von Reden K.F., Lowy D.A., Mayne D.H., Elder K.E., Roberts M.L., McNichol A.P., Comparative AMS radiocarbon dating of pretreated versus non-pretreated wood samples, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 268(7-8): 910-913, 2010b, doi: 10.1016/j.nimb.2009.10.062.

Patrut A., Mayne D.H., von Reden K.F., Lowy D.A., Venter S., McNichol A.P., Roberts M.L., Margineanu D., Age and Growth Rate Dynamics of an Old African Baobab determined by Radiocarbon Dating, *Radiocarbon* 52(2-3): 727-734, 2010c, doi: 10.1017/S0033822200045744.

Patrut A., von Reden K.F., van Pelt R., Lowy D.A., Mayne D.H., Margineanu D., Age determination of large live trees with inner cavities: Radiocarbon dating of Platland tree, a large African baobab, *Annals of Forest Science* 68(5): 993-1003, 2011, doi: 10.1007/s13595-011-0107-x.

Patrut A., von Reden K.F., Mayne D.H., Lowy D.A., Patrut R.T., AMS radiocarbon investigation of the African baobab: Searching for the oldest tree, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 294: 622-626, 2013, doi: 10.1016/j.nimb.2012.04.025.

Patrut A., Woodborne S., von Reden K.F., Hall G., Hofmeyr M., Lowy D.A., Patrut R.T., African Baobabs with False Inner Cavities: The Radiocarbon Investigation of the Lebombo Eco Trail Baobab. *PLoS ONE* 10(1): e0117193, 2015a, doi: 10.1371/journal.pone.0117193.

Patrut A., von Reden K.F., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Rakosy L., Patrut R.T., Lowy D.A., Margineanu D. AMS radiocarbon dating of very large Grandidier's baobabs (*Adansonia grandidieri*), *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 361: 591-598, 2015b, doi: 10.1016/j.nimb.2015.04.044.

Patrut A., von Reden K.F., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Patrut R.T., Lowy D.A., Searching for the oldest baobab of Madagascar: Radiocarbon investigation of large *Adansonia rubrostipa* trees. *PLoS ONE* 10(3):e0121170, 2015c, doi: 10.1371/journal.pone.012170.

Patrut A., Woodborne S., Patrut R.T., Hall G., Rakosy L., von Reden K.F., Lowy D.A., Margineanu D., Radiocarbon dating of African baobabs with two false cavities: The investigation of Luna tree, *Studia UBB Chemia LX(4)*: 7-20, 2015d, doi: N/A.

Patrut A., Patrut R.T., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Rakosy L., Lowy D.A., von Reden K.F., AMS radiocarbon dating of large za baobabs (*Adansonia za*) of Madagascar, *PLoS ONE* 11(1): e0146977, 2016a, doi:10.1371/journal.pone.0146977.

Patrut A., Rakosy L., Patrut R.T., Ratiu I.A., Forizs E., Margineanu D., von Reden K.F., Radiocarbon dating of a very old baobab from Savé Valley, Zimbabwe, *Studia UBB Chemia LXI(4)*: 7-20, 2016b, doi: N/A.

Patrut A., Patrut R.T., Rakosy L., Bodis J., Lowy D.A., Forizs E., von Reden K.F., African baobabs with double closed ring-shaped structures and two separate false cavities: Radiocarbon investigation of the baobab of Golconda fort, *Studia UBB Chemia LXI(4)*: 21-30, 2016c, doi: N/A.

Patrut A., Garnaud S., Ka O., Patrut R.T., Diagne T., Lowy D.A., Forizs E., Bodis J., von Reden K.F., African baobabs with a very large number of stems and false stems: Radiocarbon investigation of the baobab of Warang, *Studia UBB Chemia LXII(1)*: 111-120, 2017a, doi:10.24193/subbchem.2017.1.09.

Patrut A., Woodborne S., Patrut R.T., Rakosy L., Hall G., Ratiu I.-A., von Reden K.F., Final radiocarbon investigation of Platland tree, the biggest African baobab, *Studia UBB Chemia LXII(2)*: 347-354, 2017b, doi:10.24193/subbchem.2017.2.27.

Patrut A., Woodborne S., von Reden K.F., Hall G., Patrut R.T., Rakosy L., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Lowy D.A., Margineanu D., The growth stop phenomenon of baobabs (*Adansonia* spp.) identified by radiocarbon dating, *Radiocarbon* 59(2): 435-448, 2017c, doi:10.1017/RDC.2016.92.

Patrut A., Woodborne S., Patrut R.T., Rakosy L., Hall G., von Reden K., Danthu P., Leong Pock-Tsy J.-M., Margineanu D., AMS radiocarbon dating of old trees from dwarf baobab groves, Conferința AMS-14, 14-18 august 2017d, Ottawa, doi: N/A.

Patrut A., Patrut R.T., Van Pelt R., Lowy D.A., Forizs E., Bodis J., Margineanu D., von Reden K.F., Radiocarbon dating of a very large African baobab from Limpopo, South Africa: Investigation of the Sagole Big tree, *Studia UBB Chemia*, LXII(2): 355-364, 2017e, doi:10.24193/subbchem.2017.2.28.

Patrut A., Woodborne S., Patrut R.T., Rakosy L., Lowy D.A., Hall G., von Reden K.F., The demise of the largest and oldest African baobabs, *Nature Plants* 4: 423-426, 2018, doi: 10.1038/s41477-018-0170-5.

Patrut A., Patrut R.T., Rakosy L., Lowy D.A., Margineanu D., von Reden K.F., Radiocarbon investigation of the superlative African baobabs from Savé Valley Conservancy, Zimbabwe, *Studia UBB Chemia* LXIV(2): 7-14, 2019a, doi: 10.24193/subbchem.2019.2.35.

Patrut A., Woodborne S., Patrut R.T., Hall G., Rakosy L., Winterbach C., von Reden K.F., Age, growth and death of a national icon: the historic Chapman baobab of Botswana, *Forests* 10(11): 983, 2019b, doi: 10.3390/f10110983.

Patrut A., Garg A., Woodborne S., Patrut R.T., Rakosy L., Ratiu I.A., Lowy D.A., Radiocarbon dating of two old sacred baobabs from India, *PLOS ONE* 15(1): e0227352, 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0227352.

Patrut R.T., Patrut A., Leong Pock-Tsy J.-M., Woodborne S., Rakosy L., Danthu P., Ratiu I.A., Bodis J., von Reden K., Radiocarbon investigation of a superlative *Grandidier* baobab, the Big Reniala of Isosa, *Studia UBB Chemia* LXIV(4): 131-139, 2019, doi: 10.24193/subbchem.2019.4.10.

Patrut R.T., Patrut A., Rakosy D., Rakosy L., Löwy D.A., Bodis J., von Reden K., Radiocarbon dating of Makuri Lê boom, a very old African baobab from Nyae Nyae, Namibia, *Studia UBB Chemia* LXV(2): 149-159, 2020, doi: 10.24193/subbchem.2020.2.12.

Patrut R.T., Eine neue Architektur des afrikanischen Affenbrotbaumes (*Adansonia digitata* L.) bestimmt durch AMS Radiokohlenstoffdatierung: Bäume mit falscher innerer Höhlung, B.Sc. thesis, Babeș-Bolyai University Cluj-Napoca, Faculty of Biology and Geology, 2013, doi: N/A.

Patrut R.T., Investigarea unor specii de baobab (*Adansonia* spp.) din Madagascar prin datare cu radiocarbon prin spectrometrie de masă cu accelerator, M.Sc. thesis, Babeș-Bolyai University Cluj-Napoca, Faculty of Biology and Geology, 2015, doi: N/A.

Pettigrew J.D., Bell L.K., Bhagwandin A., Grinan E., Jillani N., Meyer J., Waybuyele E., Vickers C.E., Morphology, ploidy and molecular phylogenetics reveal a new diploid species from Africa in the baobab genus *Adansonia* (Malvaceae; Bombacoideae), *Taxon* 61: 1240-1250, 2012, doi: 10.1002/tax.616006.

Ravaomanalina H., Razafimanahaka J., *Adansonia grandidieri*, The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T30388A64007143, 2016, doi:10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T30388A64007143.en. (Accesat pe 10 februarie 2020).

Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Lawrence Edwards R, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Haflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J., IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 ani cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1869-1887, 2013, doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.

Robertson I., Loader N.J., Froyd C.A., Zambatis N., Whyte I., Woodborne S., The potential of the baobab (*Adansonia digitata* L.) as a proxy climate archive, *Applied Geochemistry* 21(10): 1674-1680, 2006, doi: 10.1016/j.apgeochem.2006.07.005.

Rutherford C., Groves M., Sajeve M., *Succulent Plants, A guide to CITES-listed species*, Rutherford Groves Publishing, London, 2018, pp: 20-21, doi: N/A.

Slotta F., Helle G., Heußner K., Shemang E., Riedel F., Baobabs on Kubu Island, Botswana – A dendrochronological multi-parameter study using ring width and stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$), *Erdkunde*, 71(1): 23-43, 2017, doi: 10.3112/erdkunde.2017.01.02.

Spinoni J., Vogt J., Naumann G., Carrao H., Barbosa P., Towards identifying areas at climatological risk of desertification using the Köppen-Geiger classification and FAO aridity index, *International Journal of Climatology* 35(9): 2210-2222, 2015, doi: 10.1002/joc.4124.

Stuiver M., Polach A.H., Discussion: Reporting of ^{14}C data, *Radiocarbon* 19(3): 355–363, 1977, doi: 10.1017/S0033822200003672.

Therrell M.D., Stahle D.W., Ries L.P., Shugart H.H., Tree-ring reconstructed rainfall variability in Zimbabwe, *Climate Dynamics* 26: 677-685, 2006, doi: 10.1007/s00382-005-0108-2.

Trouet V., Esper J., Beekman H., Climate/growth relationships of *Brachystegia spiciformis* from the miombo woodland in south central Africa, *Dendrochronologia* 28(3): 161-171, 2010, doi: 10.1016/j.dendro.2009.10.002.

Tyson P.D., Karlen W., Holmgren K., Heiss G.A., The little ice and medieval warming in South Africa, *South African Journal of Science* 96(3):121-126, 2000, doi: N/A.

Usoskin I.G., Arlt R., Asvestari E., Hawkins E., Käpylä M., Kovaltsov G.A., Krivova N., Lockwood M., Mursula K., O'Reilly J., Owens M, Scott C.J., Sokoloff D.D., Solanki S.K., Soon W., Vaquero J.M., The Maunder minimum (1645–1715) was indeed a grand minimum: A reassessment of multiple datasets, *Astronomy&Astrophysics* 581: A95, 2015, doi: 10.1051/0004-6361/201526652.

Vincenzo R., Bioavailability of baobab nutrients exceeds all other superfoods, *Baobab Foods*, 2013, accesibil online : www.businesswire.com/news/home/20131112006690/en/Bioavailability-Baobab-Nutrients-Exceeds-Superfoods. (Accesat pe 30 iunie 2019).

Wickens G.E., The Baobab: Africa's Upside-Down Tree, *Kew Bulletin* 37(2): 173-209, 1983, doi: 10.2307/4109961.

Wickens G. E., Lowe P., *The Baobabs: Pachycauls of Africa, Madagascar and Australia*, Springer, Dordrecht, 2008, doi: 10.1007/978-1-4020-6431-9.

Woodborne S., Hall G., Robertson I., Patrut A., Rouault M., Loader N.J., Hofmeyr M., A 1000-an carbon isotope rainfall proxy record from South African baobab trees (*Adansonia digitata* L.), *PLoS ONE*. 10(5): e0124202, 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0124202.

Woodborne S., Gandiwa P., Hall G., Patrut A., Finch J., A regional stable carbon isotope dendro-climatology from South African summer rainfall area, *PLoS ONE* 11(7): e0159361, 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0159361.

Woodborne S., Hall G., Jones C.W., Loader N.J., Patrut A., Patrut R.T., Robertson I., Winkler S.R., Winterbach C.W., A 250-an isotopic proxy rainfall record from southern Botswana, *Studia UBB Chemia LXIII*(1): 109-123, 2018, doi: 10.24193/subbchem.2018.1.09.

World Conservation Monitoring Centre, *Adansonia madagascariensis*, The IUCN Red List of Threatened Species 1998: e.T37681A10066258, 1998a, doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T37681A10066258.en. (Accesat pe 10 februarie 2020.)

World Conservation Monitoring Centre, *Adansonia grandidieri*, The IUCN Red List of Threatened Species 1998: e.T30388A9533714, 1998b, doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T30388A9533714.en. (Accesat pe 10 februarie 2020.)

Zhai P., Yu R., Guo Y., Li Q., Ren X., W. Y., Xu W., Liu Y., Ding Y., The strong El Niño of 2015/16 and its dominant impacts on global and China's climate, *Journal of Meteorological Research* 30: 283-297, 2016, doi: 10.1007/s13351-016-6101-3.

Zharkova V.V., Shepherd S.J., Popova E., Zharkov S. I., Reinforcing a Double Dynamo Model with Solar-Terrestrial Activity in the Past Three Millennia, *Proceedings of the International Astronomical Union*, 13(S335): 211–215, 2017, doi:10.1017/s1743921317010912.

Zinke J., Loveday B.R., Reason C., Dullo W.-C., Kroon D., Madagascar corals track sea surface temperature in the Agulhas Current core region over the past 334 ani, *Scientific Reports* 4: 4393, 2014, doi: 10.1038/srep04393.