

Vijftig jaar geleden. Een Belgische geo-pedologische zending naar de Galápagos eilanden (mei - oktober 1962)

G. Stoops¹ & P. De Paepe²

* Mededeling voorgesteld tijdens de zitting van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen op 24 april 2012.

1) Erewerkend lid van de Academie; Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Universiteit Gent, Krijgslaan 281 (S8), 9000 Gent.

2) Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Universiteit Gent, Krijgslaan 281 (S8), 9000 Gent.

TREFWOORDEN - basalt, bodemassociaties, palaeomilieu, pyroklastische gesteenten, verwerking.

SAMENVATTING - In 1962 werd er door de Rijksuniversiteit Gent een geo-pedologische zending naar de Galápagos eilanden (Ecuador) georganiseerd. Een hypsometrische zonatie van vijf bodemtypen, bepaald door de verdeling van de neerslag (droog in de kustzone, vochtig in hogere gebieden) en de ruimtelijke verbreiding van het basaltisch en pyroklastisch moedermateriaal, werd beschreven op de zuidwestelijke, zuidelijke en zuidoostelijke flanken van Santa Cruz. De rode bodems die in de kustzone van dit eiland voorkomen vormden zich vermoedelijk in pre-Holocene bodemsedimenten na een periode van sterke erosie. Gelijktijdig met het bodemkundig onderzoek werden frisse en weinig verweerde vulkanieten (vooral basaltische lava's en hyaloklastieten) van Santa Cruz, alsook lithisch materiaal van andere eilanden in de archipel ingezameld met het oog op een chemisch, mineralogisch en petrografisch onderzoek. Onder de bemonsterde gesteenten bevonden zich veel tholeiitische en alkalische basalten en enkele tientallen hyaloklastieten met variabel palagonietgehalte.

Il y a un demi-siècle. Une mission géo-pédologique belge aux Iles Galapagos (mai-octobre 1962).

MOTS-CLE - altération, associations de sols, basalte, paléoenvironnement, roches pyroclastiques.

RÉSUMÉ - L'Université de Gand organisa en 1962 une mission géo-pédologique aux Iles Galápagos (Equateur). Une zonation hypsométrique de cinq zones d'associations de sols déterminées par la répartition des précipitations (aride à la côte, humide en altitude) et par la distribution spatiale des roches basaltiques et pyroclastiques, fut décrite sur les pentes sud, sud-est et sud-ouest de l'île de Santa Cruz. Les sols de la plaine côtière se formèrent probablement dans des sédiments de sols d'âge pré-Holocène, après une phase d'érosion majeure. Conjointement avec le travail pédologique réalisé à Santa Cruz, des roches volcaniques pas ou très peu altérées (essentiellement des laves et des hyaloclastites) ont été échantillonnées en vue d'un examen chimique, minéralogique et pétrographique. Les roches recueillies à Santa Cruz, ainsi que dans d'autres îles de l'archipel, provenaient principalement de coulées de basaltes tholéiitiques et alcalins, et de dépôts hyaloclastiques à teneur variable en palagonite.

Fifty years ago. A Belgian geo-pedological mission to the Galápagos Islands (May-October 1962)

KEY WORDS - basalt, palaeoenvironment, pyroclastic material, soil associations, weathering.

SUMMARY - In 1962 the State University of Ghent organised a geo-pedological mission to the Galápagos archipelago (Ecuador). A hypsometric zonation of five soil types, determined by the distribution of the rainfall (arid in the coastal zone, moist on the slopes) and the spatial distribution of basaltic and pyroclastic rocks, was described on the southern, southeastern and southwestern slopes of Santa Cruz. The red soils occurring in the coastal area of this island formed on pre-Holocene soil sediments after a strong erosion phase. Unaltered and weakly weathered basaltic lavas and hyaloclastites were sampled on Santa Cruz and other islands of the archipelago in view of an in-depth chemical, mineralogical and petrographic research. Most rock samples derived from tholeiitic and alkaline basaltic lavafloes. Others originated from hyaloclastitic deposits with variable palagonite content.

Hace cincuenta años. Una misión geopedológica belga a las Islas Galápagos (mayo-octubre de 1962)

PALABRAS CLAVE - basalto, asociaciones de suelo, paleoambiente, rocas piroclásticas, alteración.

RESUMEN – En el año 1962 la Universidad del Estado de Gante organizó una misión geopedológica a las Islas Galápagos (Ecuador). Una zonación hipsométrica de cinco tipos de suelo, determinada por la distribución de las precipitaciones (árida en la zona costera, humedad en las zonas más altas) así como por la repartición espacial del sustrato basáltico y piroclástico, fue descrita para las faldas sur, suroeste y sureste de la isla de Santa Cruz. Los suelos rojos presentes en la región costera de dicha isla fueron probablemente formados en sedimentos preholocénicos después de un periodo de fuerte erosión. Paralelamente con la investigación pedológica, rocas volcánicas nada o poco alteradas (sobre todo lavas basálticas e hyaloclastitas) de Santa Cruz y materiales líticos de otras islas del archipiélago fueron también recogidas con miras a su examen químico, mineralógico y petrográfico. Entre las muestras se encontraban numerosos basaltos tholeiíticos y alcalinos así como (aunque en menor medida) hyaloclastitas con o sin palagonita.

1. Inleiding

In de tweede helft van de jaren vijftig van de twintigste eeuw maakten wetenschappers zich ernstige zorgen over het behoud van het milieu en de biodiversiteit op de Galápagos eilanden, vooral na een alarmerend verslag van de Oostenrijkse etholoog Irenäus Eibl-Eibesfeldt naar aanleiding van de Xarifa-expeditie van 1953-1954. De grootste bedreiging werd gevormd door het ongecontroleerde toerisme en de immigratie van boeren uit de Andes die toen door de Ecuadoriaanse regering werd gepropageerd.

In opdracht van de *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) werd in 1957 een zending naar de archipel georganiseerd, waarvan rapporten (o.a. Eibl-Eibesfeldt, 1959 en Bowman, 1960) aanleiding gaven tot de stichting in 1959, in het Paleis van de Academiën in Brussel, van de *Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos*. Sir Julian Huxley (voorzitter van de IUCN) werd aangesteld tot Erevoorzitter en Prof. Victor Van Straelen (vroeger voorzitter van het Instituut van de Nationale Parken van Belgisch Congo, gewoon hoogleraar geologie en paleontologie aan de Rijksuniversiteit Gent [RUG] en werkend lid van de KAOW) nam het voorzitterschap op zich. Van Straelen bekleedde deze functie tot aan zijn plotse overlijden op 29 februari 1964. Kort voordien had hij nog een bezoek gebracht aan de eilanden, waar hij op 21 januari 1964 het *Charles Darwin Research Station* (C.D.R.S.) inhuldigde, en aan Quito waar hij op 14 februari 1964 het akkoord ondertekende tussen de Ecuadoriaanse regering en de “*Fundación*”, waarbij deze laatste het beheer over het Nationaal Park van de Galápagos verwierf (Dorst & Laruelle, 1967).

Om het in gebruik nemen van gronden door kolonisten uit de Andes te kunnen afremmen, oordeelde Van Straelen het noodzakelijk over gegevens i.v.m. de bodems te beschikken. Ondanks de vele publicaties over de fauna en flora en in veel mindere mate over de geologie van de archipel, ontbrak toen inderdaad elk gegeven over de bodemgesteldheid ter plaatse. Het was logisch dat hij voor dit project steun zocht bij zijn vroegere collega aan de RUG, Prof. René Tavernier (gewoon hoogleraar fysische aardrijkskunde en bodemkunde), lid van het Adviserend Wetenschappelijk Comité van de *Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos*, directeur van het Centrum voor Bodemkartering te Gent en werkend lid van de KAOW.

In 1960 begon Prof. Jacques Laruelle (J.L.) met de organisatie van een geo-pedologische zending naar de eilanden. Laruelle was geassocieerd docent bij het Laboratorium voor Algemene Geologie en Petrografie aan de RUG. Later werden twee pas afgestudeerde licentiaten in de aard- en delfstofkunde, met ervaring in bodemkartering en allebei bursaal bij het Belgische Instituut ter Bevordering van het Wetenschappelijk Onderzoek Overzee (BIBWOO), bereid gevonden om aan de expeditie deel te nemen, namelijk Paul De Paepe (P.D.P.) en Georges Stoops (G.S.). De zending kreeg de morele steun van UNESCO en werd financieel mogelijk dankzij de Rijksuniversiteit Gent, de *Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos*, het Centrum voor Bodemkartering (Gent), het Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (NFWO) en het BIBWOO. Het doel was zoveel mogelijk informatie in te winnen over de bodemgesteldheid op het eiland Santa Cruz, er een systematische bemonstering van bodems en gesteenten uit te voeren, en zo mogelijk ook gelijkaardige informatie op andere eilanden in te zamelen.

2. Verloop van de zending

2.1. De heenreis

Tijdens de maanden die aan het vertrek van de zending voorafgingen werden alle in België beschikbare publicaties en documenten over de Galápagos doorgenomen met de bedoeling alle nuttige en bruikbare gegevens i.v.m. de vegetatie, de geologie en het klimaat samen te vatten. Over de bodems werd geen informatie gevonden. Over het klimaat waren slechts enkele alleenstaande opmerkingen van zeelieden en wetenschappers op doorreis beschikbaar. De informatie over de geologische opbouw van de eilanden bleek ook redelijk beperkt te zijn en bovendien van zeer algemene aard.

Op 5 mei 1962 vertrok de zending uit Antwerpen aan boord van MS ‘Ogeka Bakke’ van de Knutsen Line via Willemstad (op Curaçao), waar gebunkerd werd, het Panamakanaal en Buenaventura (Colombia) naar Guayaquil (Ecuador). Daar de Rio Guayas niet bevaarbaar was voor grote schepen, werd halt gehouden ter hoogte van het eiland Puná, aan de monding van deze rivier, en werden goederen en passagiers overgeladen op ondiepe rivierschuiten die naar de haven van Guayaquil vaarden, waar op 26 mei aan land werd gegaan.

Hier begonnen echter de moeilijkheden pas. Het schip dat maandelijks de verbinding met de eilanden verzekerde, de ‘Cristóbal Carrier’, een omgebouwde mijnneveger met veel te hoge bovenstructuur, lag voor onbeperkte tijd in het droogdok voor herstelling. De expeditie vertrok dan noodgedwongen per “trein” (een eufemisme voor een soort autobus op sporen) naar de hoofdstad Quito, om daar te trachten, met de hulp van de Belgische ambassade en andere contacten, een oplossing te vinden voor de overtocht naar de eilanden. Halverwege de rit, nabij Alausi, ging de trein echter uit de sporen, en moest de reis met bussen, via Riobamba, worden voortgezet naar Quito. Na vele officiële bezoeken gaf het Ministerie van Landsverdediging uiteindelijk de toestemming om met de Ecuadoriaanse oorlogsbodem

B.A.E. ‘Jambeli’, een oud landingsvaartuig van de Amerikaanse Marine, de overtocht te maken. Het bleek echter dat ook dit vaartuig voor reparatiewerken in het droogdok lag. Ook een voorstel van de lijfwacht van de Ecuadoriaanse president, als reactie op krantenberichten over de gestrande zending, om met het presidentiële vliegtuig naar Baltra te vliegen bleek niet haalbaar, omdat in dit geval door de B.A.E. ‘Jambeli’ eerst benzine voor de terugvlucht moest worden aangevoerd.

Van het verplichte verblijf in Quito werd dan maar gebruik gemaakt om met J.Thirion, een Belgische bodemkundige FAO-expert, op het terrein te gaan in de Andes en aldus meer inzicht en ervaring te verwerven i.v.m. bodems op een vulkanisch substraat, wat achteraf als een zeer nuttige stage werd ervaren.

Uiteindelijk kwam de verlossende mededeling dat de B.A.E. ‘Jambeli’ hersteld was en snel de overtocht zou maken. Op 23 juni 1962 werd alle bagage van de expeditieleden aan boord gebracht in de haven van Guayaquil. Ook dat gebeurde niet probleemloos, daar er een staking van het openbaar vervoer was, en slechts op het laatste ogenblik het materiaal dat opgeslagen lag in de *Escuela Superior Politécnica del Litoral* (ESPOL) met een voertuig en een chauffeur van FAO kon worden opgehaald. Het schip vertrok uiteindelijk, maar een opstekende storm belette het platte landingsvaartuig de oceaan op te gaan. Een nacht schuilen in een baai bij Salinas was dan ook aangewezen. Naast de militaire bemanning waren er ook passagiers aan boord: de drie expeditieleden, die in een slaapzaal werden ondergebracht, en verschillende families kolonisten uit de Andes, die met hun geiten, kippen, enz., op het binnendek kampeerden.

Op 27 juni werd het meest oostelijke bewoonde eiland, San Cristóbal, aangedaan, waar Puerto Baquerizo Moreno, de “hoofdstad” van de archipel ligt, in die tijd niets meer dan één straat met enkele lage gebouwtjes, waaronder het bureel van de Gouverneur. Daar de boot een dag voor anker ging te Puerto Baquerizo Moreno, waren de expeditieleden in de mogelijkheid om zich (verplicht) aan te melden bij de militaire en burgerlijke overheden, en met een taxi - toen de enige van heel de archipel - via de finca “el Progreso” tot het kratermeer van El Junco te rijden. Op 28 juni 1962 kwam de B.A.E. ‘Jambeli’ dan eindelijk aan in Puerto Ayora (Academy Bay), de hoofdplaats van het eiland Santa Cruz, waar het *Charles Darwin Research Station* (C.D.R.S.) nog in opbouw was.

2.2. Het verblijf op Santa Cruz

In 1962 waren er op Santa Cruz vier “agglomeraties”: Puerto Ayora, het administratieve centrum aan de kust met één “winkel”, een kerkje, een verpleger en de havenkapitein, benevens enkele Europese kolonisten en verschillende Ecuadoriaanse families, Bella Vista (een 5-tal km benoorden van Puerto Ayora), een groep verspreide hoeven van Andinos en een handvol Noorse kolonisten, en verder nog El Occidente en Santa Rosa, niets meer dan enkele hoeven in de westelijke hooglanden en ca. 18 km van Puerto Ayora verwijderd. Smalle muilezelpaden verbonden deze bewoningscentra. Het aantal permanente bewoners van Santa Cruz werd in 1958 op 400 geschat (McEwen et al. 1958), terwijl in datzelfde jaar de totale bevolking van de archipel amper 1876 bedroeg.



Fig. 1 - De deelnemers aan de Belgische geo-pedologische zending naar de Galápagos eilanden in gezelschap van enkele stafleden van het *Charles Darwin Research Station* (Puerto Ayora, Santa Cruz, september 1962). Van links naar rechts: Georges Stoops, Louis Fiévez, Anders Rambech, Edgar Pots, Jacques Laruelle, André Brosset en Paul De Paepe.

Het basiskamp van de zendingleden te Puerto Ayora was het C.D.R.S, dat toen nog in aanbouw was, met een nog niet ingerichte laboratoriumruimte en een eenvoudig verblijf voor de toenmalige directeur, dr. André Brosset (1926-2004), een Franse ornitholoog. J.L. logeerde in het laboratorium, terwijl P.D.P. en G.S. ondergebracht werden in een soort strandhut - uiteraard zonder water of elektriciteit - die gelegen was op de terreinen van het station, vlak bij de zee en de mangrovevegetatie. Voor de maaltijden was er een overeenkomst met Edgar Pots. Deze Vlaming was vóór de onafhankelijkheid van 1960 zelfstandig aannemer in Stanleystad (nu Kisangani, Kongo). Daarna werd hij aangeworven als manager van het C.D.R.S. Hij was verantwoordelijk voor de bouw en het onderhoud van het onderzoekstation, de registratie van de meteorologische gegevens, enz.. Hij werd bijgestaan door Louis Fiévez, eveneens een oud-koloniaal uit de bouwsector en van Belgische afkomst.



Fig. 2 - De voorgevel van het *Charles Darwin Research Station* in augustus 1962.

Van uit het basiskamp werden regelmatig tochten naar het binnenland ondernomen. Dit gebeurde uiteraard te voet, want er was geen enkel voertuig op het eiland aanwezig, noch een berijdbare weg. Op meerdaagse tochten vergezelden één of twee muil dieren de leden van de zending met het oog op het vervoer van het kampeergerief, de proviand en het drinkwater. Op de hellingen van het eiland Santa Cruz komen immers geen bronnen voor. Alleen in de kustvlakte kon in spleten in het basalt brakwater gewonnen worden dat geschikt was voor consumptie.



Fig. 3 - Het huis van de Noorse kolonist Jacob Horneman en zijn Duitse echtgenote Elfriede Engelmann, waar de zending regelmatig verbleef op weg naar het binnenland van Santa Cruz (juli 1962).

Waar mogelijk werd bij kolonisten (vooral bij ingeweken Noren) gelogeerd, zo niet in twee tentjes. Tijdens de voettochten werden over het algemeen de paden gevolgd die ook door de kolonisten of jagers werden gebruikt. Ook twee of drie arbeiders van het C.D.R.S. - meestal afkomstig uit de Sierra - gingen doorgaans mee op pad en waren belast met het graven van de profielkuilen.



Fig. 4 - Op de achtergrond bemerkt men de parasitaire vulkanen die in het centraal gedeelte van Santa Cruz te vinden zijn. Vooraan de tent van twee leden van de zending (G.S. en P.D.P.) (juli 1962)

Om een idee te krijgen van de aanwezige bodemtypes werden tijdens de verkenningstochten regelmatig handboringen uitgevoerd. Telkens zich een nieuwe situatie voordeed werd de meest geschikte plek uitgezocht en één van de Ecuadoriaanse arbeiders achtergelaten voor het graven van een profielkuil. Vervolgens werd de tocht verdergezet tot een nieuwe interessante bodem gevonden werd, enz. In de namiddag, of de volgende dag, werd op de stappen teruggekeerd, en werden de profielen volgens een standaardschema beschreven, en ook systematisch en nauwgezet bemonsterd. Monsters voor chemische, fysische en mineralogische analyses werden in linnen zakken opgeborgen, terwijl voor de bemonstering van ongestoorde, georiënteerde monsters voor micromorfologisch onderzoek zgn. "Kubiëna boxes" ter beschikking waren. Op het eiland Santa Cruz werden in totaal 58 profielen beschreven en bemonsterd. Meestal konden in één bodemprofiel drie tot vijf horizonten worden onderscheiden, die alle bemonsterd werden. Waar mogelijk werd ook met het oog op het petrografisch onderzoek een fris of weinig verweerd staal van het onderliggende gesteente ingezameld.

2.3. Een tocht door de archipel

Voor zover het terreinwerk op Santa Cruz het toeliet en het financieel haalbaar was, werd ook getracht om tijdens ons verblijf op Santa Cruz andere eilanden te bezoeken. Zo hadden P.D.P. en G.S. de opportuniteit om A. Brosset te vergezellen op een ornithologische observatie- en inspectietocht in het centrale gedeelte van de archipel. J.L. moest om gezondheidsredenen verstek geven. Een bezoek aan de volgende eilanden stond bij die gelegenheid op het programma: Plaza Meridional, Daphne Mayor, Bartolomé, San Salvador en Pinzón. Tijdens deze zesdaagse reis (1 tot 6 augustus 1962), aan boord van de 'Odin', werden veel geologische waarnemingen verricht en werd ook interessant gesteentemateriaal verzameld. Met uitzondering van enkele zwak ontwikkelde lithosols werden er op geen enkel van de bezochte eilanden bodems aangetroffen. Deze bootreis maakte het ook mogelijk om twee sectoren van het eiland Santa Cruz te bezoeken die moeilijk te voet vanuit Puerto Ayora te bereiken waren, nl. Cerro Colorado en Whale Bay (Bahia de la Ballena). J.L. kreeg enkele weken later de kans om, in gezelschap van A. Brosset, enkele uren op het eiland Santa Fé te verblijven en er vier ondiepe bodems te bestuderen en te bemonsteren.

2.4. De terugreis

Op 15 september 1962 keerden alle leden van de Belgische zending, aan boord van de (ondertussen herstelde) 'Cristóbal Carrier', terug naar het Zuid-Amerikaanse vasteland. Dit schip verzorgde in normale omstandigheden een maandelijkse verbinding tussen de Galápagos eilanden en Guayaquil. Op 19 september werd in Guayaquil aan wal gegaan. Van hieruit vertrokken de expeditieleiden op verschillende tijdstippen en van uit verschillende plaatsen in Ecuador terug naar België. P.D.P. begeleidde het studie- en expeditiemateriaal op de terugreis naar België. Begin oktober ging hij in de havenstad Manta aan boord van MS 'Astrid Bakke' van de Knutsen Line. Vandaar ging het via Buenaventura (Colombia), het Panamakanaal en de Nederlandse Antillen (Curaçao) naar Antwerpen. De zendingsleider en G.S. keerden met het vliegtuig naar ons land terug.

3. Resultaten van de zending

3.1. Algemeenheden

Na zijn terugkeer uit Ecuador legde J.L. zich in de eerste plaats toe op het schrijven van een synthesewerk over de Galápagos eilanden (Laruelle, 1967). Bovendien bezocht hij als (nieuwe) secretaris-generaal van de *Fundación* nogmaals de eilanden in 1964 naar aanleiding van het *Galápagos International Scientific Project* (GISP) (7 tot 20 januari 1964), waarbij verschillende deelnemers aan het symposium aan boord van de 'Golden Bear' een tocht maakten door de archipel en op tal van eilanden aan land gingen. Ze konden daarbij rekenen op de logistieke steun van de bemanning van de U.S.S. 'Pine Island' en de verschillende helikopters die aan boord van dit schip waren. Tijdens hoger genoemd symposium bemonsterde J.L. nog tien aanvullende bodemprofielen in de kustzone van Santa Cruz.

De gegevens en monsters die tijdens deze twee zendingen werden ingezameld, werden, wat de bodems betreft, nooit volledig geïnterpreteerd omdat J.L. in de herfst van 1967, tijdens een wetenschappelijke zending in Libanon, in een auto-ongeluk om het leven kwam en G.S. onmiddellijk na zijn terugkeer van de Galápagos naar Congo afreisde. Het gesteentemateriaal daarentegen kon na de terugkeer van de zending door P.D.P. grondig worden bestudeerd in het kader van zijn doctoraatsverhandeling (De Paepe 1968a, De Paepe 1968b). Deze werd

begin juni 1968 aan de Faculteit Wetenschappen van de Rijksuniversiteit van Gent voorgedragen. De promotor was wijlen Prof. R. Maréchal.

Alle publicaties die tot op vandaag in het kader van de geo-pedologische zending van 1962 werden gerealiseerd zijn vermeld in de literatuurlijst die deze bijdrage afsluit. Ze worden gemakshalve door een asterisk voorafgegaan.

Om het onderzoek kort in zijn historisch kader te plaatsen, moet nog vermeld worden dat in het begin van de jaren zestig van de vorige eeuw begrippen zoals “platentektoniek” en “hot spots” nog helemaal niet gebruikelijk waren in de geologie en dat in de bodemclassificatie bodems op vulkanische as helemaal niet als iets apart werden aanzien. Het begrip “Andosol” was toen niets meer dan een lokale Japanse benaming. Het herkennen van kleihuidjes op bodemaggregaten en holten was in die jaren ook nog een nieuwigheid.

3.2. Geologie

Na de terugkeer van de Belgische geo-pedologische zending werden door P.D.P. alle gesteenten die op Bartolomé, Daphne Mayor, Plaza Meridional, Pinzón, San Salvador, Santa Cruz en Santa Fé werden verzameld aan een grondig microscopisch en chemisch onderzoek onderworpen. Midden 1963 werd dit studiemateriaal nog aangevuld met een dertigtal gesteenten van de *Deutschen Galápagos-Expedition 1962/63*. Deze expeditie stond onder de leiding van de biologen Eberhard Curio en Peter Kramer van het *Max Planck Institut für Verhaltensphysiologie* (Seewiesen, Duitsland) en bezocht een groot aantal eilanden van de archipel. De toegestuurde gesteenten kwamen praktisch allemaal van eilanden die niet door de Belgische zending van 1962 werden bezocht (Baltra, Darwin, Genovesa, Isabela, Marchena, Pinta, Rábida, San Salvador en Wolf). Ze werden ter beschikking gesteld door de Ecuadoriaan Miguel Castro, die in zijn functie van *conservation officer* van het C.D.R.S., de Duitse zending had begeleid. Miguel Castro had ook al eerder P.D.P. en G.S. vergezeld en gegidst tijdens hun rondreis in het centrale gedeelte van de archipel (2.3.). Vanaf midden 1963 konden bijgevolg te Gent gesteenten van zeventien verschillende eilanden petrografisch en petrologisch worden onderzocht, meer in het bijzonder 172 lava's en 40 hyaloklastieten.

Daar in het begin van de jaren 1960 in het Geologisch Instituut van de Rijksuniversiteit Gent geen infrastructuur voorhanden was om in gesteenten hoofd- en spoorelementen te bepalen werden de meeste hoofdelementanalyses die voor het petrologische onderzoek van het Galápagos materiaal noodzakelijk waren door P.D.P. zelf uitgevoerd in het *Laboratoire de Géologie et de Minéralogie* van de Faculteit Wetenschappen van de Universiteit van Clermont-Ferrand (Frankrijk) (directeur: Prof. P. Lapadu-Hargues). Een beperkt aantal stalen kon ook, door toedoen van collega Thierry Juteau en met de toestemming van Prof. H. de la Roche, met de quantometer van het *Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques* te Nancy-Vandoeuvre (Frankrijk) op hun hoofdelementsamenstelling worden onderzocht. Dankzij G.S., die na afloop van de Belgische zending naar de Galápagos eilanden, verschillende jaren als werkleider werkzaam was aan de Landbouwfaculteit van de Lovanium-Universiteit in Kinshasa (Congo), konden ook van verschillende basaltstalen de concentraties van een tiental spoorelementen (o.a. Co, Cr, Cu, Ni, Sr, Zn en Zr) worden bepaald. Hierbij werd gebruik gemaakt van X-stralenfluorescentie.

In de sectoren van Santa Cruz die door de leden van de zending in 1962 bodemkundig werden geprospecteerd (fig.5) werden in totaal 91 lavastromen bemonsterd. De meeste vindplaatsen lagen langs de zuidelijke kustlijn (Academy Bay, Tortuga Bay) en langs de paden die Puerto Ayora verbonden met de nederzettingen van Bella Vista, El Occidente en Santa Rosa, en met Crocker Mountain, El Camote, Rambeck Mountain en Table Mountain. De topografie en de

morfologische eigenschappen van de bemonsterde lavastromen wezen op het frequente voorkomen van touw- (pahoehoe) én aa-lava. Bijna alle bestudeerde lava's waren zwak of matig porfirisch en vacuolair. Olivijn- en plagioklaasfenokristen waren in bijna alle stalen aanwezig en de modale samenstelling van de bestudeerde gesteenten vertoonde opmerkelijk weinig variatie. Het ging bijna uitsluitend om olivijnbasalten met weinig uitgesproken alkalische of tholeiitische kenmerken. De meeste basalten behoorden niettemin tot de groep van de alkalische gesteenten. Gedifferentieerde lava's bleken op Santa Cruz haast niet aanwezig te zijn. De luttele geëvolueerde lava's die er werden aangetroffen hadden een hawaiitische samenstelling. Alle onderzochte lava's van Santa Cruz behoorden tot het lavaschild dat het grootste gedeelte van het eiland bedekt. De absolute ouderdom van de lava's die de schildvulkaan van Santa Cruz opbouwen en vandaag als de *Shield Series* bekend staan (Bow 1979) schommelt tussen 24.000 en 500.000 jaar (Geist, Harpp & d'Ozouville 2011).

Tijdens het terreinwerk op Santa Cruz werden door leden van de zending enkele lavatunnels ontdekt en aan een preliminaire geologische studie onderworpen (Stoops 1965; De Paepe, 1965). Volgens Hernández *et al.* (1992) waren het de eerste lavatunnels die op de archipel wetenschappelijk werden beschreven. Eén van deze lavatunnels staat nu bekend als "La Cueva de Kübler". Hij bevindt zich ongeveer 2,5 km ten NNW van het centrum van Puerto Ayora en komt aan het oppervlak ter hoogte van de nieuwe baan die Puerto Ayora met Bella Vista verbindt. In 1970 werd deze tunnel door de Hongaarse speleoloog D. Balazs in kaart gebracht (Balazs 1972). Hij is in totaal 852 m lang. Zijn gemiddelde hoogte bedraagt 5,9 m en de gemiddelde breedte 5,5 m. Hij is genoemd naar de Duitser Karl Kübler, die zich in 1936 op Santa Cruz vestigde. Door de lokale bevolking wordt deze lavatunnel ook wel eens "La Cueva de Puerto Ayora" genoemd.

Ook een twaalftal hyaloklastieten (sideromelaan- en palagoniettuffen) afkomstig van Santa Cruz werden microscopisch en chemisch geanalyseerd. Deze bleekgele tot oranjekleurige gesteenten dagzomen dicht bij de kust, o.m. ter hoogte van Whale Bay (Bahía de la Ballena) en te Cerro Colorado. Cerro Colorado is amper enkele honderden meter van het eiland Plaza Meridional verwijderd. Op beide plaatsen waren de ingezamelde hyaloklastieten geassocieerd met fossielhoudende kalkstenen en plaatselijk ook met submariene lava's (kussenlava's). Zowel de hyaloklastieten, de kalkstenen en de onderwater afgezette lavastromen van Whale Mountain, als deze van Cerro Colorado zijn bedekt door jongere lava-uitvloeiingen die tot het lavaschild van Santa Cruz behoren. Ouderdomsbepalingen uitgevoerd op gesteenten van C. Colorado en Whale Mountain (de zgn. *Platform Series*) leren dat deze ongeveer 1,3 Ma geleden zijn afgezet (Geist, Harpp & d'Ozouville 2011).

De bestudeerde hyaloklastieten van Santa Cruz waren matig tot sterk gepalagonitiseerd en bevatten een variabele hoeveelheid zeolieten en calciet in de matrix en de holten binnen het sideromelaan. Ook basaltfragmenten en fossielresten komen er regelmatig in voor. Gel-palagoniet en fibro-palagoniet treden meestal zij aan zij op maar volumetrisch is de gel-palagonietvariëteit altijd overheersend.

Het gesteentemateriaal dat tijdens de tocht in het centrale gedeelte van de archipel werd bemonsterd had het voordeel, ten opzichte van de ontsluitingen die we in Santa Cruz aangetroffen, om meestal onverweerd en van tamelijk recente datum te zijn. De morfologische eigenschappen van de lavastromen die bijvoorbeeld op Bartolomé en San Salvador werden aangetroffen waren bijgevolg veel gemakkelijker te bestuderen en zeer relevant. Hun samenstelling wek echter niet fundamenteel af van deze die de lavastromen van Santa Cruz kenmerkt.

Het onderzoek van de palagonietuffen die op het eiland Daphne Mayor aan de dagzoom komen leverde interessante resultaten op met betrekking tot het mechanisme van de palagonitisatie (De Paepe 1966). Tijdens het palagonitisatieproces ondergaat het niet verweerde basaltische glas (sideromelaan) een belangrijke hydratatie en wordt het tweewaardig ijzer sterk geoxydeerd. Gelijktijdig worden er verschillende elementen matig tot sterk uitgeloozd. In volgorde van toenemende oplosbaarheid gaat het om de volgende elementen: Al_2O_3 , SiO_2 , Na_2O , CaO en MgO . Anderzijds is er altijd een aanzienlijke aanvoer van K_2O terwijl de concentraties van TiO_2 en MnO in de regel onveranderd blijven of slechts in geringe mate toenemen. Op Daphne Mayor waren de meeste hyaloklastietafzettingen sterk aangerijkt aan P_2O_5 . Dit verschijnsel is in verband te brengen met het feit dat op dit eilandje dag in dag uit veel vogels (fregatvogels, blauw- en groenpotige jan-van-genten, enz.) nestelen en er massaal guano produceren.

Op het eiland San Salvador werd alleen de omgeving van James Bay bezocht terwijl de waarnemingen op het eiland Pinzón beperkt bleven tot een klein gebied ten oosten van de caldera. De schaarse lava's die op Pinzón werden bemonsterd hadden allemaal een hawaïtische samenstelling en waren opvallend rijk aan fenokristen van plagioklaas, olivijn, augiet en magnetiet.

3.3. Bodemkunde

Ondanks zijn ligging op de evenaar heerst er op de Galápagos archipel, ten gevolge van de aanwezigheid van de koude Humboldtstroom, geen tropisch klimaat. In de kustzone van de eilanden bedraagt de gemiddelde temperatuur ca. 24°C ; in hoger gelegen gebieden ligt die iets lager. Langs de kust van Santa Cruz is de regenval doorgaans beperkt tot het warme seizoen (januari tot april). Op de hellingen valt tijdens het koude seizoen ook heel wat neerslag, meestal onder de vorm van nevel en druilregen (garúa). De gemiddelde jaarlijkse neerslag bedraagt in de kustzone van Santa Cruz 364 mm, te Bella Vista (op 194 m hoogte) 1059 mm en in de buurt van Media Luna (620 m boven de zeespiegel) 1694 mm (Hamann 1979). Van jaar tot jaar treden er echter grote schommelingen op. Houvenaghel (1973) vermeldt bijvoorbeeld voor Puerto Ayora voor de maand maart een neerslag van 0 mm in 1965 en 1966, 20 mm in 1967 en meer dan 250 mm in 1969. Wanneer het El Niño verschijnsel zich in het gebied laat voelen heerst er op de archipel een zeer vochtig, tropisch klimaat. Omwille van de overheersende zuidoostelijke moesson bevindt de noordflank van Santa Cruz zich volledig in de regenschaduw en is hij met een xerofytische vegetatie bedekt.

Aan de hand van terreinwaarnemingen en preliminaire analysesresultaten beschreef J. Laruelle het verspreidingsgebied van de verschillende grote bodemtypes die men op Santa Cruz aantreft (Laruelle 1963, Laruelle 1964, Laruelle 1966) en hij bracht de ligging van die bodems ook in kaart (Laruelle 1967). Zijn gegevens werden nadien gebruikt bij het opstellen van diverse bodemkaarten, o.a. de wereldbodemkaart van de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO). Met uitzondering van een recente hydrodynamische studie van enkele bodems van de eilanden Santa Cruz en San Cristóbal (Adelinet et al. 2008) zijn de bodemkundige gegevens van de Belgische geo-pedologische zending van 1962 nog altijd de enige die voor de Galápagos beschikbaar zijn (Sabau 2008). Het verspreidingsareaal van de verschillende bodemtypen valt voor een deel samen met dat van de vegetatiegordels die door Bowman (1963) werden beschreven.

Resultaten van fragmentarisch onderzoek dat na de Belgische zending op het materiaal van deze missie werd uitgevoerd (Laruelle & Stoops 1967, Stoops 1972, Eswaran et al. 1973, Morrás 1974, Morrás 1975, Morrás 1976, Morrás 1977, Morrás 1978, Rodriguez Flores et al. 2006), alsook recente chemische (Martinez et al. in voorbereiding) en micromorfologische

studies (Stoops 2012 in voorbereiding) worden hierna ook aangehaald met de bedoeling een zo volledig mogelijk beeld van de bodemontwikkeling op het eiland Santa Cruz te kunnen naar voor brengen. De bodemclassificatie is overgenomen uit oudere publicaties en steunt op de Soil Survey Staff (1960).

De “*eerste zone*”, die zich uitstrekt vanaf de kustlijn tot op een hoogte van ca. 100-120 m, valt samen met de “*arid coastal zone*” en een deel van de “*transition zone*” van Bowman (1963). Een xerofytische vegetatie is kenmerkend voor dit gebied. Rode bodems komen voor tussen de basaltblokken of als dunne, losse oppervlakkige laagjes. Volgens Laruelle (1967) kunnen de rode interstitiële bodems (Ustropepts) als wortels worden beschouwd van geërodeerde, diepere residuele rode bodems (waarschijnlijk Luvisols). Deze vormden zich *in situ* door verwerking van basalt in een vochtig, warm (mogelijk mediterraan) klimaat dat gevolgd werd door een aridificatie (vorming van calcietkristallisaties over kleihuidjes, zie: Stoops 1972). De oppervlakkige rode bodems (Ustorthents) zouden hoofdzakelijk uit lokaal colluviaal en eolisch materiaal bestaan. Uit spoorelementenonderzoek (Laruelle & Stoops 1967) blijkt bovendien dat de residuele bodems sterker geëvolueerd zijn dan de oppervlakkige.

De “*tweede zone*”, die gaat van 100-120 tot ca. 180 m hoogte, komt gedeeltelijk overeen met de “*transition zone*” van Bowman (1963), die door een tamelijk dicht bos van mesofytische en xerofytische associaties is gekenmerkt. De ondiepe (< 70 cm) bruine bodems hebben een AC profielontwikkeling en zijn gevormd in basalt-saproliet, met naar de bovengrens toe een toenemende invloed van pyroclastisch materiaal. De meeste bodems werden hier als Haplustolls geklasseerd. De Ti, Ni, Cu, Zn, Sr, Zr en Y gehalten van de bodems die men in het onderste gedeelte van deze zone aantreft (Laruelle & Stoops 1967) zijn vergelijkbaar met deze van de bodems in de kustzone, maar lager dan deze die in hogere zones worden opgetekend. Volgens hoger genoemde auteurs wijst dit er wellicht op dat zij zich in een dieper verweerd basalt-saproliet substraat ontwikkelden en minder invloed van pyroclastische materialen hebben ondergaan. De aanwezigheid van saproliet wordt door micromorfologisch onderzoek bevestigd. In bodems die zich in het hogere gedeelte van deze zone bevinden is verwerking van veldspaat tot gibbsiet vastgesteld (Morrás 1974).

De “*derde zone*” is gelegen op een hoogte van ca. 180 tot 300 m. De bruine bodems hebben een A(B)C of een zwak ABC profiel, en hebben zich volgens Laruelle (1967) grotendeels ontwikkeld in pyroclastisch materiaal dat is afgezet op basalt, waarvan de saproliet meestal vanaf 60 tot 100 cm diepte opduikt. De hier aanwezige bodems werden als Argiudolls geklasseerd. Deze zone komt grotendeels overeen met de “*Scalesia zone*” van Bowman (1963) en wordt gedomineerd door een dicht mesofytisch woud. Waar het basalt op meer dan 1 m diepte wordt aangetroffen ontbreekt de *Scalesia*-vegetatie.

De “*vierde zone*” begint waar het basaltsubstraat op grotere diepte voorkomt. Ze strekt zich uit tot ongeveer 400 m boven zeeniveau. De bodems hebben een AC profiel en werden als andosols (Dystrandeps en Vitrandeps) geklasseerd. Deze zone valt grotendeels samen met de “*brown zone*” van Bowman (1963). Ze bezit een bosvegetatie die overheerst wordt door *Psidium galapageium* en *Zanthoxulum fagara*, maar valt vooral op door het verbreid voorkomen van bruine epifyten (*Zycopodium dychotomum*).

De “*vijfde zone*” begint geleidelijk aan vanaf 400 m hoogte. Volgens Laruelle (1967) zijn de bodems er ontwikkeld in pyroclastisch materiaal, maar op een diepte van minder dan 1 m onder het aardoppervlak komen verweerde basaltblokken voor. Twee bodemtypen worden onderscheiden: matig diepe andosols met een vegetatie van *Miconia robinsoniana* en zeer ondiepe bodems onder varens (*Pteridium aquilinum*) in de hooglanden. Ook deze bodems zouden kenmerken van Andosols vertonen, en sommige werden als Dystrandeps beschreven.

De vijfde zone is te paralleliseren met de “Miconia belt” en een deel van de “Upland zone” van Bowman (1963).

De bodems die op een hoogte van meer dan 500 m worden aangetroffen en zich onder grasland bevinden werden nog niet onderzocht. Mogelijk zijn zij een voortzetting van de ondiepe bodems onder varens, waarvan hoger sprake was. Botanische waarnemingen (Colinvaux 1967, Hamann, 1981) laten vermoeden dat lokaal, in depressies, veenafzettingen (Histosols) aanwezig zijn.

De bodemsequentie die door Laruelle (1966, 1967) werd beschreven houdt geen rekening met afwijkende typen. Zo beschreven Stoops (1972) en Eswaran et al. (1973) in een vlak gedeelte van de “derde zone” een zwak hydromorfe bodem met hoge gehalten aan smekiet en duidelijke sporen van klei-inspoeling. Interessant voor deze zone is ook het hobbelig reliëf - dat aan een gilgai doet denken - dat waarschijnlijk ontstaan is onder invloed van schildpadden die een verblijf in deze tijdelijke poelen weten te appreciëren.

De bodemzonatie die door Laruelle (1966, 1967) werd voorgesteld en geïnterpreteerd steunde in hoofdzaak op terreinobservaties. Recent micromorfologisch onderzoek (Stoops 2012 in voorbereiding) laat echter andere interpretaties toe. De nieuwe inzichten wijzen op een diepe verwerking van het basalt op de westelijke, zuidelijke en oostelijke flanken van het eiland, gevolgd door een erosiefase waarbij in de kustzone de verweringsmantel volledig is verdwenen. In welke mate hier ook door mariene erosie een rol werd gespeeld is nog onduidelijk. Latere erosie van verweringsklei op de flanken van het eiland en sedimentatie in de kustvlakte gaven vervolgens aanleiding tot de vorming van interstitiële en oppervlakkige bodems. Aangezien de verdeling van de spoorelementen (Laruelle en Stoops 1967) in de bodems van de kustzone een sterke gelijkenis vertoont met die in de “tweede zone”, en verder afstaat van die in hoger gelegen zones, is het waarschijnlijk dat het erosiemateriaal uit de “tweede zone” afkomstig is. De saproliet komt hier op geringe diepte voor, wat op een afgeknot profiel wijst. De rubificatie is mogelijk postsedimentair.

Volgens Stoops (2012, in voorbereiding) is het ook nog onduidelijk welke rol door het pyroclastisch materiaal werd gespeeld bij de bodemvorming in de hogere zones. Mogelijk zijn de bodems hier in verweringsproducten van basalt ontstaan. Volgens een recente studie van spoorelementen (Rodriguez Flores et al. 2006), uitgevoerd op monsters van 1962, blijkt dat er geen noemenswaardig verschil bestaat tussen de moedermaterialen van zeventien profielen uit de verschillende zones. Dit houdt in dat de classificatie van verschillende profielen dient herzien te worden. De afwezigheid van vulkanisch glas bijvoorbeeld maakt het voorkomen van Vitrandepts (Eswaran et al. 1973, Adelinet et al. 2008) weinig waarschijnlijk.

Voor de noordelijke helling van het eiland Santa Cruz, die bedekt is met een xerofytische vegetatie, zijn geen gegevens beschikbaar. Tijdens de in 2.3. vermelde tocht door de archipel, werd te Whale Bay (in het west-noordwesten) vastgesteld dat in de kustzone de bodems veel gelijkenis vertonen met die in de zuidelijke kuststrook van het eiland.

Alle onderzochte bodems en vooral deze in hogergelegen zones bevatten amorf materiaal (extractie met NaOH) in de kleifractie, naast halloysiet en smekiet, die vooral in de eerste en de tweede zone belangrijk zijn. In de vierde en vijfde zone kan dan weer gibbsiet een belangrijk bestanddeel zijn (Eswaran et al. 1973). Over het allofaangehalte zijn nog geen concrete gegevens beschikbaar.

Door J. Laruelle werden in de droge kustzone van Santa Fé vijf profielen beschreven en bemonsterd. De situatie is er vergelijkbaar met die in het kustgebied van Santa Cruz: oppervlakkige en interstitiële rode bodems op basalt. Micromorfologisch onderzoek (Morrás 1975) wijst op de aanwezigheid van kristallijne kleimineralen, naast onverweerde korrels van

veldspaat, augiet en olivijn. Deze mineraalassociatie wijst waarschijnlijk op een colluviale oorsprong van het materiaal. Sporelementconcentraties stemmen overeen met deze die op Santa Cruz werd genoteerd (Laruelle & Stoops 1967). In tegenstelling tot de bodems die men in de buurt van Puerto Ayora aantreft bevatten deze in het kustgebied van Santa Fé veel fosfaatrijke nodules (Morrás 1978). Dit verschijnsel is wellicht in verband te brengen met de belangrijke vogelpopulatie die op het eiland nestelt.

4. Bespreking en besluiten.

De Belgische geo-pedologische zending van 1962 heeft als eerste een inzicht verschaft in de bodems van de Galápagos eilanden. Jammer genoeg konden alleen Santa Cruz en een klein gebied van Santa Fé worden bestudeerd. Bovendien konden ook op deze eilanden niet alle landschapseenheden worden onderzocht. Er blijft dus nog heel wat werk te doen omdat sinds 1962 zo goed als geen bodemkundig onderzoek meer op deze eilandengroep door derden werd uitgevoerd en gepubliceerd (Sabau 2008). Een uitzondering is ongetwijfeld een recent gepubliceerde hydrodynamische studie van enkele profielen op Santa Cruz en San Cristóbal (Adelinet et al. 2008).

Benevens aanvullende terreinwaarnemingen volgens moderne concepten en nieuwe analyses in eerder onderzochte gebieden, dienen verschillende zones waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn bestudeerd te worden. Wat de toposequentie aan de zuidzijde van Santa Cruz betreft, is er nog geen informatie voorhanden wat de flanken van de heuvels betreft die boven 500 m gelegen zijn. Op de noordflank van het eiland is een toposequentie van verscheidene profielen nodig. Verder zijn er een aantal specifieke lokaliteiten waar wetenschappelijk interessant materiaal kan worden verzameld. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de bodems in de twee cilindervormige instortingscaldera's (o.m. de "*Los Gemelos*") die zich in de vochtige zone bevinden. Het zou interessant zijn om te weten of ook hier rode verweringskleien aanwezig zijn. Ook de bodems langs de kust, o.m. in het mangrovewoud, verdienen speciale aandacht. Al deze onderzoeken zouden informatie opleveren die van vitaal belang is voor een beter begrip van het palaeoklimaat en palaeomilieu, niet alleen van Santa Cruz, maar van gans de Galápagos archipel. Ook de vermeende invloed van tefra op de bodemeigenschappen dient verder onderzocht te worden.

Wat de overige eilanden van de archipel betreft moet het onderzoek nog beginnen. Daar de ouderdom van de eilanden van west naar oost toeneemt, mag men aannemen dat de bodemvorming op de eilanden die ten westen van Santa Cruz gelegen zijn beperkt is. Ook op de eilanden met geringe hoogte is volgens de waarnemingen op Santa Fé en tijdens de archipelrondvaart, de bodemvorming zeer beperkt wegens de ariede omstandigheden die er heersen. Ook het onderzoek van de invloed van uitwerpselen van zeevogels op de bodemvorming in laaggelegen zones zou een interessant studieonderwerp zijn.

Er komen ongetwijfeld beter ontwikkelde bodems voor op het relatief oude, meer oostelijk gelegen eiland San Cristóbal (Adelinet et al. 2008), waar trouwens ook al redelijk lang aan landbouw wordt gedaan (o.a. de beruchte suikerplantage van El Progreso, gesticht in 1869). Een studie van de bodems in deze regio en van de sedimenten van het kratermeer van El Junco (Colinvaux 1967, Colinvaux 1972) zal zeker bijdragen tot een betere kennis van het milieu en het palaeomilieu. Ook op het eiland Santa María (Floreana) zijn wellicht sterker ontwikkelde bodems aanwezig.

Diepe sedimenten afkomstig uit het El Junco kratermeer (op 650 m hoogte) op San Cristóbal, die door Colinvaux (1972) werden onderzocht, bestaan uit erosieproducten van rode bodems en zijn volgens koolstofdateringen ouder dan 48.000 jaar. Dit kan er op wijzen dat de eerste

verwerking en bodemvorming vóór de IJstijd plaatsvond, toen het klimaat vochtiger was. Dat deze sedimenten zich op 650 m hoogte bevinden toont aan dat de bodems tot op een grotere hoogte gerubificeerd waren en dit vóór de IJstijd. Waarom was dit niet het geval op Santa Cruz?

Mogelijk kunnen relatieve zeespiegelschommelingen, die door klimatologische en tektonische factoren werden bepaald, alsook lokale klimaatwijzigingen een verklaring zijn.

Wat het geologisch en petrologisch onderzoek betreft betekende de zending van 1962 ongetwijfeld een keerpunt in de studie van de Galápagos archipel. Iets meer dan een half jaar na het doctoraatsproefschrift van P.D.P. te Gent werd voorgedragen (juni 1968) (De Paepe 1968) werden de resultaten van het *Galápagos International Scientific Project* gepubliceerd. In de daaropvolgende jaren bezochten tal van Amerikaanse en andere onderzoeksteams de archipel en dit mondde uit in een indrukwekkende lijst van publicaties i.v.m. de geologische opbouw, de structurele ontwikkeling, de petrografie, de petrogenese, de geochronologie en de evolutie van de magma's van de Galápagos eilanden en van de talloze vulkanen die zich in de onmiddellijke omgeving van deze eilandengroep op de zeebodem hebben ontwikkeld (<http://www.geo.cornell.edu/geology/GalapagosWWW/GalapagosBiblio.html>). De Galápagos archipel behoort vandaag, alvast wat de geologie betreft, tot een van de best bestudeerde eilandengroepen ter wereld.

5. Literatuurlijst

Opmerking: Publicaties die rechtstreeks gebaseerd zijn op waarnemingen of monsters afkomstig van de Belgische geo-pedologische zending van 1962 worden voorafgegaan door een asterisk (*)

Adelinet, M., Fortin, J., d'Ozouville, N. & Violette, S., 2008. The relationship between hydrodynamic properties and weathering of soils derived from volcanic rocks, Galapagos Islands (Ecuador). - *Environ. Geol.*, 56: 45-58.

Bow, C.S., 1979. The geology and petrogenesis of lavas of Floreana and Santa Cruz Islands: Galápagos Archipelago, Ecuador. Unpub. PhD thesis, Eugene (Oregon), University of Oregon, 308 pp.

Bowman, R.I., 1960. Report on a Biological Reconnaissance of the Galápagos Islands during 1957. UNESCO Report, Paris, 65 pp.

Bowman, R. I., 1963. Evolutionary patterns in Darwin finches. In: Galápagos Islands. A unique Area for Scientific Investigations. California Acad. Sci. Occasional Paper, 44: 107-140.

Colinvaux, P., 1967. Environmental History of the Galapagos Islands. Report by the Ohio State University Research Foundation to the National Science Foundation, Columbus (Ohio), Project 2161- Report 1. (stencil), 18 pp.

Colinvaux, P., 1972. Climate and the Galapagos Islands. - *Nature*, 240: 17-20.

*De Paepe, P., 1965. Cavity filling in rocks from lava tunnels on the Galápagos Islands. - *Noticias de Galápagos* 5/6: 19-20.

*De Paepe, P., 1966. Geologie van Isla Daphne Mayor. - *Natuurwet. Tijdschr.*, 48: 67-80.

*De Paepe, P. 1968. Bijdrage tot de kennis van de petrologie en van de petrografie van de Galápagos-eilanden. Unpub. PhD thesis, State University of Ghent, 2 vol., 326 pp.

*De Paepe, P., 1968. Pétrographie et pétrologie de quelques îles situées dans la partie centrale de l'Archipiélago de Colón (Iles Galápagos). Abstract volume of the International Symposium on Volcanology, Spain (Canary Islands, La Laguna-Tenerife, September 1968).

*De Paepe, P. & Stoops, G., 1969. Some trace elements in basaltic rocks from the Galápagos islands. - Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet., 1969 (2): 365-379.

*De Paepe, P. & Stoops, G., 1973. A review of the geological and pedological studies of the Belgian Scientific Mission to the Galápagos Islands 1962. - Noticias de Galápagos, 21: 14-18.

*De Smet, W.H., 1987. Rotifera uit de Galapagoseilanden. - Natuurwet. Tijdschr., 69: 110-131.

*De Smet, W.H., 1989. Addendum bij: Rotifera uit de Galapagoseilanden. - Natuurwet. Tijdschr., 71: 80-81.

Dorst, J. & Laruelle, J., 1967. The first seven years of the Charles Darwin Foundation for the Galápagos Isles 1959-1966. Charles Darwin Foundation for the Galápagos Isles, Brussels, 37 pp.

Eibl-Eibesfeldt, I., 1959. Survey on the Galápagos Islands. UNESCO Mission Report, Paris, 31 pp.

*Eswaran, H., Stoops, G. & De Paepe, P., 1973. A contribution to the study of soil formation on Isla Santa Cruz, Galápagos. - Pedologie, 23(2): 100-122.

Geist, D., Harpp, K. & d'Ozouville, N., 2011. Field Trip Guide. AGU Chapman Conference on The Galápagos as a Laboratory for the Earth Sciences (Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador, 25-30 July 2011), 24 pp.

Hamann, O., 1979. On climatic conditions, vegetation types, and leaf size in the Galápagos Islands. - Biotropica, 11: 101-122.

Hamann, O., 1981. Plant communities of the Galápagos Islands. - Dansk Botanisk Arkiv, 34(2): 163 pp.

Hernández, J.J., Izquierdo, I. & Oromi, P., 1992. Contribution to the Vulcanospeleology of the Galapagos Islands. Proceedings of the 6th International Symposium on Vulcanospeleology (Hilo, Hawaii, August 1991), pp. 204-220.

Houvenaghel, G., 1973. Contribution à l'étude de l'écologie marine des Iles Galapagos. - K. Acad. Overzeese Wet., N.R., 19(1): 102 pp.

*Laruelle, J., 1963. Exploration géo-pédologique de l'île Santa Cruz. - Noticias de Galápagos, 1: 11-13.

*Laruelle, J., 1964. Study of a soil sequence on Isla Santa Cruz (Galápagos Archipiélago, Ecuador). Galápagos International Scientific Project 1964, University of California, Symp. Pap., mimeographed.

*Laruelle, J., 1966. Study of a soil sequence on Indefatigable Island. In: Bowman, R.I. (ed.), The Galápagos, Proceedings of Symposia of the Galápagos International Scientific Project, Charles Darwin Foundation for the Galápagos Islands, Brussels, pp. 87-92.

*Laruelle, J., 1967. Galápagos. - Natuurwet. Tijdschr., 47 (1965): 1-236.

*Laruelle, J. & Stoops, G., 1967. Minor elements in Galapagos soils. - Pedologie, 17: 232-258.

*Laruelle, J., De Paepe, P. & Stoops, G., 1964. Géologie de l'île Bartolomé. - Noticias de Galápagos, 4: 8-11.

- McBirney, A.R. & Williams, H., 1969. Geology and petrology of the Galápagos Islands. - Geol. Soc. America, Mem., 118: 197 pp.
- McEwen, Robinson & Espinosa, 1958. Health Survey of the Galapagos Islands. Quito (stencil), 39 pp + annexes.
- *Morrás, H.J.M., 1974. La alteración y transformación de minerales primarios en un perfil de suelo de la Isla Santa Cruz, Islas Galápagos (Ecuador). - Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral (Argentina), 5: 15-28.
- *Morrás, H.J.M., 1975. Algunas características genéticas de los suelos de la zona árida de la Isla Santa Fé, Galápagos (Ecuador). - Rev. Asoc. Cienc. Nat. Lit. (Argentina), 6: 43-48.
- *Morrás, H.J.M., 1976. Gibbsite glaebules of a soil profile from Santa Cruz Island, Galápagos (Ecuador). - Pedologie, 26: 91-96.
- *Morrás, H.J.M., 1977. Análisis micromorfológico de dos perfiles de suelo de la zona árida de la Isla Santa Fé, Galápagos, Ecuador. - Turrialba, 27: 93-98.
- *Morrás, H.J.M., 1978. Phosphatic nodules from a soil profile of Santa Fé Island, Galápagos. In: Delgado, M. (ed.), Soil Micromorphology, University of Granada, Spain, pp. 1007-1018.
- *Rodríguez Flores, R., Ferro Vazquez, C., Stoops, G. & Martínez Cortizas, A., 2006. Elemental composition of soils developed on volcanic materials of Isla Santa Cruz (Galápagos Islands). EGU-General Assembly, Vienna, Abstract EGU06-A-04834.
- Sabau, J., 2008. Unexplored Territory in the Galapagos Islands. - Pacific Regional Society of Soil Science, Newsletter, 56: 8-9.
- Soil Survey Staff, 1960. Soil classification, A comprehensive system, 7th Approximation. Soil Conserv. Serv., U.S. Dept. Agr., Washington D.C., 503 pp.
- *Stoops, G., 1965. On the presence of lava tunnels on Isla Santa Cruz. - Noticias de Galápagos, 5/6: 17-18.
- *Stoops, G., 1972. Micromorphology of some important soils of Isla Santa Cruz (Galápagos). In: Kowalinski, S. & Drozd, J. (eds), Soil Micromorphology, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, Poland: pp. 407-419.
- *Stoops, G., 2012. Soil development and evolution on Isla Santa Cruz (the Galápagos Islands). A micromorphological approach. 14th International Working Meeting on Soil Micromorphology, Lleida, July 2012 (in preparation).

Illustraties

Fig.1 De deelnemers aan de Belgische geo-pedologische zending naar de Galápagos eilanden in gezelschap van enkele stafleden van het *Charles Darwin Research Station* (Puerto Ayora, Santa Cruz, september 1962). Van links naar rechts: Georges Stoops, Louis Fiévez, Anders Rambech, Edgar Pots, Jacques Laruelle, André Brosset en Paul De Paepe.

Fig.2 De voorgevel van het *Charles Darwin Research Station* in augustus 1962.

Fig.3 Het huis van de Noorse kolonist Jacob Horneman en zijn Duitse echtgenote Elfriede Engelmann, waar de zending regelmatig verbleef op weg naar het binnenland van Santa Cruz (juli 1962).

Fig.4 Op de achtergrond bemerkt men de parasitaire vulkanen die in het centraal gedeelte van Santa Cruz te vinden zijn. Vooraan de tent van twee leden van de zending (G.S. en P.D.P.) (juli 1962)

Fig.5 Kaart van het eiland Santa Cruz (tekening van Heidi M. Snell, *Noticias de Galápagos*, 46: p. 6, Mei 1988). De bestudeerde bodemprofielen bevonden zich vooral in de buurt van Puerto Ayora (Academy Bay), tussen Puerto Ayora en Bella Vista, langs het pad dat Bella Vista (via El Occidente) met Santa Rosa verbindt, tussen Bella Vista en Cerro Crocker, alsook tussen Bella Vista en Camote.