



OBSERVATIONS DE LA DYNAMIQUE VÉGÉTALE SUR LE VOLCAN DES CAPELINHOS (ÎLE DE FAIAL, AÇORES, PORTUGAL)

CHRISTOPHE NEFF¹ 

RÉSUMÉ – Après un bref résumé sur la dynamique de la végétation pionnière dans les volcans actifs, l'histoire éruptive du volcan des Capelinhos est présentée. À partir de deux cartes de régénération végétale sur les champs de cendres de Capelo (2001, 2008), les résultats des campagnes de terrain sont brièvement discutés. Dans une partie des champs de cendre de Capelo, la succession semble être bloquée par *Arundo donax*, alors que dans l'autre partie, la végétation, qui est déjà relativement dense, semble évoluer vers une forêt dominée par *Morella faya* et *Picconia azorica*, avec une forte présence d'espèces exotiques comme, par exemple, *Banksia integrifolia* et *Metrosideros excelsa*. Les relevés botaniques de l'auteur sur le cône de Capelinhos sont présentés et comparés aux relevés historiques de 1994. Quand comparé à d'autres volcans, comme par exemple Surtsey, en Islande, le processus de colonisation dans le cône de Capelinhos semble progresser lentement. L'auteur considère que la faible densité de l'avifaune peut expliquer en partie la lenteur du processus de la conquête végétale. Cinquante ans après l'éruption, il n'y a encore ni d'arbres ni d'arbustes sur le volcan. Les espèces dominantes sont *Tetragonia tetragonioides*, *Portulaca oleacera* ainsi que *Plantago coronopus*. Les espèces exotiques semblent avoir un rôle important dans l'établissement de la végétation à Capelinhos.

Mot clés: Capelinhos; Faial; éruption volcanique; dynamique de la végétation; espèces pionnières.

RESUMO – OBSERVAÇÕES SOBRE A DINÂMICA VEGETAL NO VULCÃO DOS CAPELINHOS (ILHA DO FAIAL, AÇORES, PORTUGAL). Depois de um breve resumo da dinâmica da vegetação pioneira em vulcões ativos, é apresentada a história eruptiva dos Capelinhos. A partir de duas cartas de regeneração de plantas em campos de cinzas do

Recebido: 02/09/2019. Aceite: 01/06/2020. Publicado: 01/08/2021.

¹ Institut für Geographie und Geoökologie (IFGG), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131, Karlsruhe, Germany. E-mail: christophe.neff@kit.edu



Capelo (2001, 2008), os resultados do trabalho de campo são brevemente discutidos. Nalguns dos campos de cinzas do Capelo a sucessão parece estar bloqueada por *Arundo donax*; noutra parte, a vegetação, que já é relativamente densa parece evoluir para uma floresta dominada por *Myrica Faya* e *Picconia azorica* com uma forte presença de espécies exóticas como, por exemplo, *Banksia integrifolia* e *Metrosideros excelsa*. Levantamentos botânicos do autor nos Capelinhos são apresentados e comparados com os registos históricos de 1994. Em comparação com outros vulcões, como Surtsey, na Islândia, o processo de colonização nos Capelinhos parece progredir lentamente. O autor acredita que a baixa densidade de avifauna no vulcão pode explicar, em parte, o lento processo de colonização por parte da vegetação. Cinquenta anos após a erupção dos Capelinhos, não existem nem árvores nem arbustos no vulcão. As espécies dominantes neste processo dinâmico são *Tetragonia tetragonioides*, *Portulaca oleacera* e *Plantago coronopus*. As espécies exóticas parecem ser importantes para o estabelecimento da vegetação pioneira nos Capelinhos.

Palavras-chave: Capelinhos; Faial; erupção vulcânica; dinâmica da vegetação; espécies pioneiras.

ABSTRACT – OBSERVATIONS ON THE VEGETATION DYNAMICS OF THE CAPELINHOS VOLCANO (FAIAL ISLAND, AZORES, PORTUGAL). After a short overview of the pioneer vegetation on active volcanoes the eruptive history of the Capelinhos is resumed. From two maps of the vegetation regeneration on the ash fields of Capelo (2001, 2008), the results of different field work campaigns are discussed. In one part of the ashfields, the vegetation dynamic is blocked by *Arundo donax*. In the other part, the vegetation seems to develop into a forest dominated by *Morella faya* and *Picconia azorica* with a high number of exotics species as for example *Banksia integrifolia* & *Metrosideros excelsa*. Compared to other volcanoes, for example the Surtsey volcano, in Island, the colonization of the Capelinhos by plant seems to go on very slowly. The author thinks that the relatively poor avifauna could explain this slow vegetation colonization of the Capelinhos. Fifty years after the Capelinhos eruption we cannot find any tree or bushes on the volcano. Dominant plant species on the Capelinhos are *Tetragonia tetragonioides*, *Portulaca oleacera* and *Plantago coronopus*. Alien plant species seem to have an important role in the establishment of the pioneer vegetation on the Capelinhos.

Keywords: Capelinhos; Faial; volcanic eruption; vegetation dynamics; pioneer species.

RESUMEN – OBSERVACIONES SOBRE LA DINÁMICA VEGETAL DEL VOLCÁN CAPELINHOS (ISLA FAIAL, AZORES, PORTUGAL). Después de un breve resumen de la dinámica de la vegetación pionera en volcanes activos, se presenta la historia eruptiva del volcán Capelinhos. De dos mapas de la regeneración de la vegetación en los campos de cenizas de Capelo (2001, 2008), se examinan brevemente los resultados de las campañas de campo. En una parte de los campos de cenizas de Capelo, la sucesión parece estar bloqueada por *Arundo donax*; mientras que, en la otra parte, la vegetación, que ya es relativamente densa, parece evolucionar hacia un bosque dominado por *Morella faya* y *Picconia azorica*, con una fuerte presencia de especies exóticas como, por ejemplo, *Banksia integrifolia* y *Metrosideros excelsa*. Se presentan los estudios botánicos del autor sobre el cono de Capelinhos y se comparan con estudios históricos de 1994. En comparación con otros volcanes, por ejemplo Surtsey, en Islandia, el proceso de colonización en el cono de Capelinhos

parece progresar lentamente. El autor cree que la baja densidad de la avifauna puede explicar en parte el lento proceso de conquista de la vegetación. Cincuenta años después de la erupción, todavía no hay árboles o arbustos en el volcán. Las especies dominantes son *Tetragonia tetragonioides*, *Portulaca oleracea* y *Plantago coronopus*. Las especies exóticas parecen tener un papel importante en el establecimiento de la vegetación en Capelinhos.

Palavras clave: Capelinhos; Faial; erupción volcánica; dinámica de la vegetación; especies pioneras.

I. AVANT-PROPOSⁱ

Monti di fuoco, vento e solitudine. Così descriveva le Azzorre, nel Cinquecento, uno dei primi viaggiatori portoghesi che vi sbarcò. / Montagnes de feux, des vents et de la solitude. Ainsi décrivait un des premiers voyageurs portugais débarquant au XV^{ème} siècle les Açores. (Tabucchi, 1983, p. 40, trad. de l'italien C. Neff)

Durant les travaux pour ma thèse de doctorat (fig. 1), j'avais établi une carte de la végétation du plateau de Labronzo à Stromboli et ses environs (Neff, 2000).

« Monti di fuoco, vento e solitudine.
Così descriveva le Azzorre, nel Cinquecento,
uno dei primi viaggiatori portoghesi che vi sbarcò. »
Antonio Tabucchi (1983), Donna di Porto Pim, p. 40



KIT Observations de la dynamique végétale sur le volcan Capelinhos (Ile de Faial Açores (Portugal)), communication orale, par Christophe Neff (KIT-IFGG) "European Meeting of Phytosociology Biogeography and Syntaxonomy of the Atlantic Regions, November 5 – 7, 2017 University of Cape Verde" **2** **LEADER** **geographie & géologie**

Fig. 1 – Diapos d'introduction de la présentation au congrès *Phytosociology, Biogeography and Syntaxonomy of the Eastern Atlantic Regions* (2017), montrant la vue depuis le Cabeço Verde (ou Pico Verde) sur le Cabeço do Canto et en arrière-plan le volcan des Capelinhos appartenant tous au complexe volcanique de "Capelo". Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 1 – Introductory slide of the presentation at the conference Phytosociology, Biogeography and Syntaxonomy of the Eastern Atlantic Regions (2017), showing the view of Cabeço Verde (or Pico Verde) over Cabeço do Canto and in the background the Capelinhos volcano, all belonging to the volcanic complex of "Capelo". Colour figure available online.

L'environnement est fortement influencé par la dynamique éruptive du Stromboli. Ayant découvert le site du volcan de Capelinhos durant un voyage d'étude en 1999 et en voyant une grande partie des anciens "champs de cendres" entre le phare de Capelinhos

et Capelo recouverte par des étendues de *Arundo donax* (fig. 2), j’avais eu l’impression d’une ressemblance physiologique assez nette avec le plateau de Labronzo à Stromboli, où *Saccharum spontaneum* domine la dynamique végétale (Neff, 2000). J’ai donc décidé d’établir une carte de la reconquête végétale sur les anciens “champs de cendre” de Capelo – et d’observer la dynamique de la végétation pionnière sur le site du volcan, pour combler les lacunes du savoir scientifique sur l’évolution du couvert végétal tant à Capelinhos que sur toute la partie ouest de l’île de Faial, qui fut en grande partie ensevelie par les cendres lors de l’éruption de Capelinhos. N’ayant jusqu’à présent publié que de petites notes préliminaires sur mes travaux aux Açores (Neff, 2001, 2002, 2004, 2019; Neff *et al.*, 2001), je présente ici, pour la première fois, une synthèse des travaux de terrain effectués à Faial en 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008 et 2017ⁱⁱ.



Fig. 2 – Vue sur les champs de cendres de Capelo depuis le cône de Capelinhos. Dans le quadrant supérieur gauche, on distingue très bien *Arundo donax*, qui domine le paysage (début des années 2000). Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 2 – View of the Capelo ash fields from the Capelinhos cone. In the upper left quadrant, the *Arundo donax*, which dominates the landscape, can be seen very well (early 2000s). Colour figure available online.

Source: Neff (2000)

II. INTRODUCTION

Les éruptions volcaniques sont des laboratoires naturels, où l’on peut observer la dynamique de la végétation pionnière et ses différents stades. En ce sens, il existe des volcans qui ont été particulièrement bien étudiés et dont on connaît déjà assez bien les différents stades de dynamique pionnière, comme par exemple le volcan Surtsey en Islande (Magnússon *et al.*, 2009, 2014) ou le Mount St. Helens dans l’Etat de Washington aux Etats-Unis, pour ne citer que les exemples les plus célèbres (del Moral & Magnússon, 2014; del Moral & Titus, 2018). Concernant le Mount St. Helens, qui est certainement le volcan où la “reconquête végétale” et “les processus de succession” ont été le plus minutieusement documentés et analysés, Crisafulli et Dale (2018) ont récemment édité un

livre intitulé *Ecological Responses at Mount St. Helens: Revisited 35 years after the 1980 Eruption*, qui retrace 35 ans de recherches écologiques. En Europe, c'est certainement l'Etna où le processus d'établissement de la végétation est le mieux analysé, principalement par les travaux d'Emilia Poli Marchese et ses collègues (del Moral & Poli Marchese, 2010; Poli Marchese, 2003; Poli Marchese & Grillo, 2000). Madame Poli Marchese a même écrit un livre dédié à la vie des plantes de l'Etna (2003). Notons aussi qu'une étude sur la dynamique de la végétation dans l'Archipel de Santorin (Iles de Kameni), a été récemment publiée par Dimopoulos *et al.* (2010).

Mais il existe aussi des volcans qui n'ont reçu qu'une moindre attention de la part de la communauté scientifique, en ce qui concerne leur "dynamique de végétation pionnière". Le volcan de Capelinhos surgi de l'Atlantique le 27 Septembre 1957, à l'ouest de l'île de Faial (Archipel des Açores) en est un bon exemple. Il a d'abord formé une île dans l'Atlantique, mais pendant l'éruption qui a duré jusqu'en Octobre 1958, il a été rattaché par un isthme de cendre et de lave à l'île de Faial (Ribeiro & Brito, 1958). À la connaissance de l'auteur, il n'existe actuellement que trois publications scientifiques décrivant la reconquête végétale du site de Capelinhos (Gonçalves & Constância, 1994; Pereira & Constância, 1994; Porteiro *et al.*, 2007). Notons aussi que, si les études sur la dynamique végétale sur le volcan de Capelinhos sont rares, il y a un roman qui décrit les effets de l'éruption de Capelinhos sur les hommes, les paysages et les plantes de Capelo: *Vulkanische Reise (voyage volcanique)* de Ralph Roger Glöckler (1997).

III. L'ERUPTION DE CAPELINHOS

Le cône de Capelinhos appartient au complexe volcanique de Capeloⁱⁱⁱ, qui forme toute la partie occidentale de l'île, dénommée Péninsule de Capelo, âgée d'environ 8000 ans (Di Chiara *et al.*, 2014)^{iv}. Ce complexe est formé par 11 systèmes volcaniques (31 cônes et effusions de lave). Le Cabeço de Trinta est, d'après les recherches d'Anita di Chiara *et al.* (2014), le plus ancien cône du complexe de Capelo, avec une phase éruptive située entre 6150-5450 A.D. Le plus récent des volcans du complexe de Capelo est le cône de Capelinhos, né d'une éruption sous-marine, en 1957^v.

L'éruption de Capelinhos débuta le 27 septembre 1957 et dura jusqu'en octobre 1958, ébranlant alors fortement la communauté des Azores et tout le monde lusophone. Mais, en dehors du Portugal, des Etats-Unis et de la France, l'éruption de Capelinhos et l'activité sismique qui l'a accompagnée n'ont été qu'éphémèrement perçus par les médias et la communauté scientifique (Neff, 2004). En France, il y eut un reportage de Gérard Gery, *Le volcan de l'océan. Ilha nova née du feu et de l'océan*, publié dans Paris Match, en octobre 1957. Ce reportage fut aussi l'un des premiers qui ait inclut des photos en couleurs d'une éruption volcanique. Dans le sillon de ce reportage, qui a eu une répercussion mondiale, le *National Geographic Magazine* envoya à Faial une équipe de photographes et le reporter John Scofield, afin d'écrire le reportage *A New Volcano Bursts from the Atlantic* (Scofield, 1958), qui fit connaître l'éruption au grand public. Ce reportage conte-

nait des photos en couleurs (Kodachromes) de l'éruption, mais aussi des villages de Capelo et de Norte Pequeno, ensevelis sous les cendres. Au niveau scientifique, ce fut certainement la publication de Haroun Tazieff (1958), *L'Eruption 1957-58 et la Tectonique de Faial (Açores)*, et l'article *Primeira notícia da erupção dos Capelinhos na Ilha do Faial* de Orlando Ribeiro et de Raquel Soeiro de Brito (1958), contenant une documentation photographique assez impressionnante, qui ont eu une retombée internationale considérable. Cette publication contenait aussi des croquis et un dessin de la genèse géomorphologique du cône de Capelinhos. Nous reproduisons ici, avec l'autorisation de Suzanne Daveau, veuve de Orlando Ribeiro, l'esquisse géomorphologique montrant la genèse du cône, publié originalement comme la figure 3 – *Evolução do vulcão dos Capelinhos* (évolution du volcan du Capelinhos), de Ribeiro et Soeiro de Brito (1958). Le dessin représente les quatre phases de sa genèse: 1) formation de la première île volcanique; 2) ralentissement de l'éruption, la partie émergeant de l'Océan Atlantique disparaît presque entièrement; 3) reintensification de l'éruption et formation d'un isthme rattachant l'*ilha nova* de Capelinhos avec la terre ferme de l'île de Faial; et 4) phase finale avec coulée de lave.

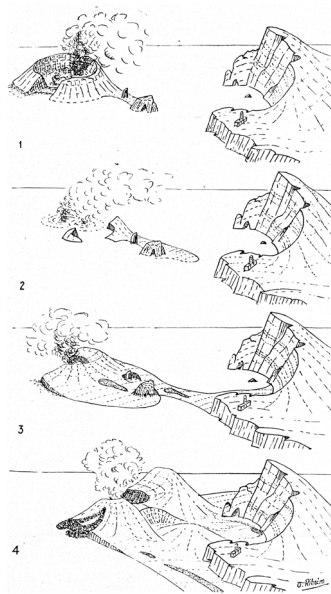


Fig. 3 – Esquisse dessinée par Orlando Ribeiro, montrant les quatre phases principales de la genèse du volcan de Capelinhos.

Fig. 3 – Sketch elaborated by Orlando Ribeiro, showing the four main phases of the genesis of the Capelinhos volcano.

Source: Ribeiro & Soeiro de Brito (1958)

Mais la première documentation scientifique de l'éruption fut, d'après les recherches de l'auteur, la notice préliminaire de Frederico Machado (1958) *Atividade Vulcânica da Ilha do Faial I – Notícia preliminar relativa aos meses de Setembro a Dezembro*

de 1957 publiée par la revue *Atlântida*. Après ces premières notices et reportages scientifiques, de multiples analyses scientifiques géologiques, vulcanologiques, géophysiques et même de géographie humaine, ont été consacrées à l'éruption de Capelinhos. Une grande partie de ces travaux sont repris en *fac-simile* dans les deux ouvrages édités par Victor Hugo Forjaz – *Vulcão dos Capelinhos; retrospectivas, vol. 1* (1997) et *Vulcão dos Capelinhos, Memórias 1957-2007* (2007). Nous renvoyons à ces ouvrages pour une connaissance plus approfondie de l'éruption de Capelinhos. Dans Brum Ferreira (2005) on trouvera une description des principales éruptions volcaniques terrestres et sous-marines historiques. Dans ce contexte, il faut aussi rappeler qu'en 1672/73, la partie occidentale de l'île de Faial avait déjà été largement touchée par l'éruption du Cabeço do Fogo et du Pincarito, qui appartiennent, comme le cône de Capelinhos au complexe volcanique de Capelo. Cette éruption historique engendra une vague d'émigration vers le Brésil (Madeira, 2007). Sur les recherches géologiques et vulcanologiques, Cole *et al.* (2001) présentent une bibliographie assez complète des travaux de recherches effectués entre 1957 et 2000.

En ce qui concerne l'objectif de la présente étude, nous retenons deux conséquences sur le développement de la vie des plantes:

- 1) Naissance d'une nouvelle île d'origine volcanique qui a été, à mesure que l'éruption évoluait, rattachée à l'île de Faial par la formation d'un isthme. Lors de la naissance de cette terre volcanique, en 1957/58, il n'y avait aucune forme de vie biologique, c'est-à-dire aucune plante;
- 2) La plus grande partie de l'Ouest de l'île de Faial fut couverte par les cendres de l'éruption de Capelinhos. Cette épaisse couverture de cendres provoqua une vague d'émigration vers les Etats-Unis (Kennedy-Pastore Act, en Neff, 2004). D'après les photos historiques rassemblées dans Forjaz (1997, 2007), on peut assumer qu'aussi bien les terres arables (vignes et champs de maïs) que la végétation naturelle (bois, forêts, *mistérios*) avait tout simplement disparu sous une épaisse couche de cendres. Une très grande partie du règne végétal avait alors cessé d'exister dans cette partie de l'île.

IV. LA RECONQUÊTE VÉGÉTALE SUR LES CHAMPS DE CENDRES DE CAPELO

Pendant l'éruption de 1957/58, une très grande partie de l'ouest de l'île de Faial a été recouverte par des cendres. La *freguesia* (délimitation administrative portugaise, comparable à la commune en France ou à la *gemeinde* en Allemagne) de Capelo fut particulièrement touchée par les chutes de cendres. Dans l'ouest de cette commune, dans le petit hameau de Porto Comprido, qui était, avant l'éruption, une base de baigneurs, les habitations furent ensevelies par une épaisse couverture de cendres, pouvant atteindre par endroits plusieurs mètres, comme le montrent les diverses photos publiées par Campos *et al.* (1962) et par Lobão (2002). C'est cette épaisse couche de cendres qui incita les habitants de Capelo à émigrer. Avant l'éruption, le plateau entou-

rant le Cabeço Verde et le Cabeço do Canto, entre Capelo et Norte Pequeno, était intensément cultivé, on y trouvait principalement des vignes, des champs de maïs et des champs de patates douces, visibles sur les photos du livre mémoire publié pour les 400 ans de Capelo (Comissão das Comemorações dos 400 anos do Capelo, 2000). Par ailleurs, comme le montre très bien la carte publiée par Cunha (1959), le complexe volcanique de Capelo (Cabeço Verde, Cabeço do Canto, Cabeço do Fogo, etc.) était, avec la Caldeira centrale, les seuls endroits de l'île de Faial où une végétation forestière, plus au moins naturelle, subsistait avant l'éruption de Capelinhos. Le reste de la surface de l'île était utilisé pour le pâturage, l'agriculture et la sylviculture (plantation de *Cryptomeria japonica*).

L'auteur présente deux cartes de végétation, qui ont été établies en 2001, avec l'aide d'étudiants (relevés de terrain par des étudiants de géographie de l'Université de Mannheim et, en 2008, par des étudiants de géographie et géoécologie du Karlsruher Institut für Technologie). Sur les cartes, on remarque que la dénomination des plantes est celle utilisée entre 1999 et 2008 comme, par exemple, *Myrica faya* Aiton pour *Morella faya* (Aiton) Wilbur. Pour les relevés de terrain, nous avons travaillé avec une adaptation de la méthode des Biovolumes (Neff, 1995), en nous basant sur les travaux de Trabaud (1973), en estimant le biovolume des espèces dominantes sur le terrain. *Grosso modo*, comme le décrit Pedroti (2013), il s'agit d'une version modifiée de la cartographie des séries de végétation (*Maps of Vegetation series*) de l'école de Gaussen et Ozenda, en utilisant une approximation des biovolumes de chaque espèce sur le terrain. Nous avons utilisé parallèlement les Flores de terrain éditées par Hanno Schäfer (2002, 2005) et par Sjögren (1984, 2001) pour la détermination de plantes, aussi bien sur les champs de cendres de Capelo que pour les sites du Capelinhos. Au début des travaux de terrain, nous avons aussi utilisé le guide floristique de da Costa et Franquinho (1998) sur les plantes de Madeira, pour déterminer les arbres et arbustes exotiques.

Sur la Carte de 2001 (fig. 4), on peut reconnaître quelques tendances. A l'ouest, jusqu'en face de Capelinhos, on trouve encore des étendues quasiment sans végétation. A l'est du volcan, on trouve une grande zone recouverte par une sorte de maquis dominée par *Myrica faya* (*Morella faya*), qui s'étend jusqu'à Norte Pequeno. Vers le sud, en direction de Capelo, une très grande surface était couverte et dominée par *Arundo donax*. Dans cette partie, une assez grande parcelle venait d'être brûlée. On pouvait encore y reconnaître les restes des *Arundo donax* calcinés. Vers le Sud Est à partir de la parcelle 14 on entrait dans un Maquis assez dense, dominé par *Myrica faya*.

La Carte de 2008 (fig. 5) ne montre pas de grands changements. La surface brûlée en 2001 a été entièrement recolonisée par *Arundo donax*. Dans la partie sud-est de la carte, à partir de la parcelle en rouge, nous avons, comme en 2001, cartographié un maquis avec un caractère parfois très forestier, où *Myrica faya* domine le couvert végétal, mais où les espèces co-dominantes, comme *Erica azorica*, *Banksia intergrifolia*, *Metrosideros excelsa*, *Picconia azoria* et les conifères *Pinus pinaster* et *Pinus pinea*, ont pris par endroit des proportions assez importantes.

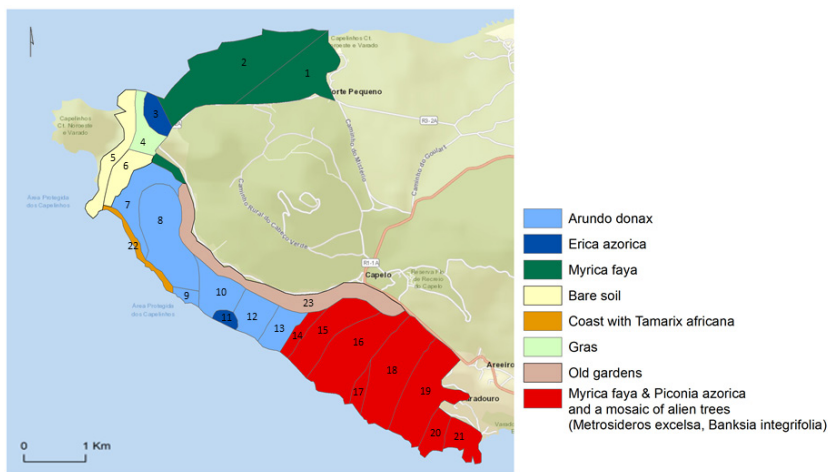


Fig. 4 – Carte de la végétation des champs de cendres de Capelo (2001). Le numérotage représente les parcelles étudiées. Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 4 – Vegetation map of Capelo's ash fields (2001). The numbering represents the studied land parcels. Colour figure available online.

Source: travaux de terrain de l'auteur avec les étudiants de géographie de l'Université de Mannheim (2001)

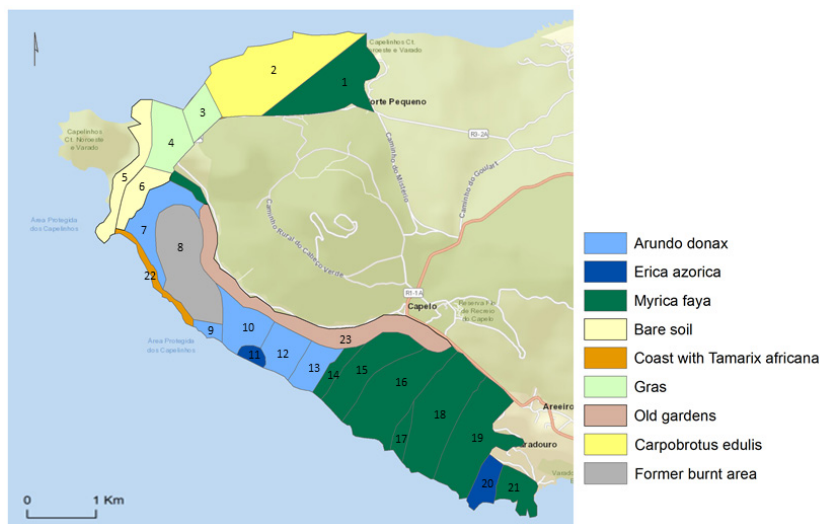


Fig. 5 – Carte de la végétation des champs de cendres de Capelo (2008). Le numérotage représente les parcelles étudiées. Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 5 – Vegetation map of Capelo's ash fields (2008). The numbering represents the studied land parcels. Colour figure available online.

Source: travaux de terrain de l'auteur avec les étudiants de géographie et de géoécologie du Karlsruher Institut für Technologie (2008)

L'auteur est revenu sur le terrain en septembre 2017, 50 ans après l'éruption de Capelinhos. On a pu alors observer par endroits une reprise de la culture de la vigne – vigne qui était quasiment inexistante de 1999 à 2008. On remarqua aussi la densification des zones boisées, qui ont souvent déjà un caractère forestier entre Capelo et Varadouro. On observe, comme déjà en 2008, l'établissement d'une mosaïque forestière dans la partie est (Varadouro), avec *Myrica faia*, *Erica azorica*, *Picconia azorica*, *Metrosideros excelsa*, *Banksia integrifolia*, *Pinus pinaster* et *pinea*. Dans la partie proche de Capelinhos, la succession semble être bloquée par *Arundo donax*. Arbres et arbustes sont assez rares. Les parties qui sur les cartes de 2001 et 2008 sont encore mentionnées sans végétation sont en train d'être colonisées par des bouquets de *Tamarix africana* et des touffes de *Carpobrotus edulis*.

V. LA VÉGÉTATION SUR LE CÔNE DE CAPELINHOS

D'après nos recherches, les seuls relevés de végétation sur le cône de Capelinhos ont été publiés par Gonçalves et Constância (1994) et Pereira et Constância (1994). Dans Porteiro *et al.* (2007) on trouve une petite documentation de photos avec quelques plantes poussant sur le cône de Capelinhos, mais pas de relevés. Ayant travaillé sur le site depuis 1999, nous présentons ici quelques résultats de nos travaux de terrain sur Capelinhos.

1. Sommet du cratère

Sur le petit croquis (fig. 6), on trouve le tracé des transects de Gonçalves et Constância (1994) et les transects que nous avons tracés en septembre 2017. On voit également un triangle vert, délimitant un espace qui était dominé par *Tetragonia* et *Portulaca oleracea* entre 2005 et 2007.

Le C (C comme cratère) montre les emplacements de nos relevés dans la zone sommitale du cratère principal. Dans cette zone, nous avons effectué des relevés sur des placettes standardisées (5x5m), selon la méthode des biovolumes, dont nous publierons ultérieurement les résultats.

Dans le tableau I, nous présentons les espèces répertoriées sur le cratère principal en 2008 et en 2017. Notons que le sommet du cratère principal n'est couvert que d'une façon très éparsée par les plantes. La végétation ne s'y installe que très lentement. En ce qui concerne les transects établis en septembre 2017, nous présentons ici les fréquences de plantes répertoires sur le transect W (West = Ouest), qui est un transect horizontal du versant oriental du cratère principal, d'une longueur de 128m. Dans ce tableau, on voit très bien que ce sont les espèces *Atriplex prostrata*, *Plantago coronopus*, *Festuca petraea* et *Tetragonia tetragonoides* qui dominent cette partie du versant.

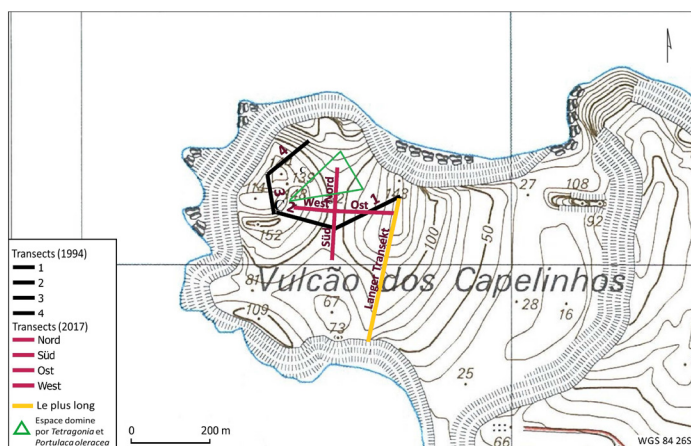


Fig. 6 – Croquis du Capelinhos (2017). Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 6 – Sketch of Capelinhos (2017). Colour figure available online.

Source: travaux de terrain de l'auteur avec les étudiants de géographie et de géoécologie du Karlsruher Institut für Technologie (KIT)/Cartographie Réka Sóti (2017)

Tableau I – Espèces repérées en 2008 et en 2017 et fréquences des espèces sur le cratère principal du Capelinhos.

Table I – Species sighted in 2008 and 2017 and species frequency in 2017 in the main crater of Capelinhos.

Espèces	Espèces repérées sur le cratère principal du Capelinhos		Fréquences des espèces du transect du cratère principal
	2008	2017	2017
<i>Atriplex prostrata</i>		X	51
<i>Plantago coronopus</i>	X	X	35
<i>Festuca petraea</i>	X	X	29
<i>Tetragonia tetragonoides</i>	X	X	15
<i>Cyrtomium falcatum</i>	X	X	5
<i>Pseudoglaphalium luteo-album</i>			3
<i>Carpobrotus edulis</i>		X	2
<i>Portulaca oleacerea</i>	X	X	1
<i>Chenopodium opolifolium</i>			1
<i>Chenopodium murale</i>	X		
<i>Solanum nigrum</i>	X		

2. Tableau synoptique des différents relevés botaniques effectués sur les Capelinhos

Dans le tableau II, nous avons réuni les espèces répertoriées par les différents botanistes qui ont travaillé sur le Capelinhos. On y trouve aussi le statut des plantes et leurs provenances phytogéographiques, basés sur la liste publiée par Silva *et al.* (2010). Nous utilisons ici la nomenclature de Silva *et al.* (2010), cela veut dire que nous utilisons parfois des synonymes par rapport aux publications originales.

Tableau II – Tableau synoptique des différents relevés botaniques effectués sur le Capelinhos de 1994 à 2017.

Table II – A synoptic table of the different botanical surveys carried out in Capelinhos from 1994 to 2017.

Espèces	Pereira & Constância (1994)	Gonçalves & Constância (1994)	Neff (1999-2008, non publié)	Neff (2017)	Statut
<i>Arundo donax</i> L., 1753			X		Naturalisé
<i>Asplenium adiantum - nigrum</i> L., 1753		X	X		Espèce native
<i>Asplenium marinum</i> L., 1753		X	X		Espèce native
<i>Atriplex prostrata</i> Boucher ex DC., 1805	X	X	X	X	Espèce native
<i>Carpobrotus edulis</i> (L.) N.E.Br., 1926	X	X	X	X	Naturalisé
<i>Chenopodium murale</i> L., 1753			X		Naturalisé
<i>Chenopodium opolifolium</i> Schrad. ex W.D.J.Koch & Ziz, 1814				X	Espèce exotique avec statut éphémère
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist 1943		X			Naturalisé
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist, 1943			X	X	Naturalisé
<i>Cyrtomium falcatum</i> (L.f.) C.Presl (1836)	X	X	X	X	Naturalisé
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop., 1771			X	X	Naturalisé
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemant, 2002		X	X	X	Naturalisé
<i>Festuca petraea</i> Guthn. ex Seub., 1838		X	X	X	Endémique
<i>Gaudinia coarctata</i> (Link) Durand & Schinz, 1894			X		Endémique
<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) P. Beauv., 1812	X	X			Naturalisé
<i>Hordeum marinum</i> Huds., 1778		X	X	X	Naturalisé
<i>Lepidium didymum</i> L., 1767		X		X	Naturalisé
<i>Lolium perenne</i> L., 1753		X	X	X	Naturalisé
<i>Plantago coronopus</i> L., 1753	X		X	X	Espèce native
<i>Plantago lanceolata</i> L., 1753		X	X	X	Naturalisé
<i>Poa annua</i> L., 1753			X	X	Naturalisé
<i>Polygonum maritimum</i> L., 1753	X	X	X	X	Espèce native
<i>Portulaca oleracea</i> L., 1753	X	X	X	X	Naturalisé
<i>Pseudognaphalium luteo-album</i> (L.) Hilliard & B.L. Burt, 1981	X	X	X	X	Espèce native
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn, 1879		X			Espèce native
<i>Reseda luteola</i> L., 1753	X	X	X	X	Naturalisé
<i>Rumex sanguineus</i> L., 1753				X	Espèce exotique avec statut éphémère
<i>Sagina maritima</i> G. Don, 1810	X	X	X	X	Espèce native
<i>Solanum nigrum</i> L., 1753	X	X	X	X	Naturalisé
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill, 1769		X	X	X	Naturalisé
<i>Spergularia azorica</i> (Kindb.) Lebel, 1868	X	X		X	Endémique
<i>Tetragonia tertragonoides</i> (Pall.) Kuntze, 1891			X	X	Naturalisé
<i>Umbelicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy, 1948	X	X	X	X	Espèce native

La plupart des plantes répertoriées par Gonçalves et Constância (1994) ont été aussi répertoriées par l'auteur en 2008 et 2017. Dans le tableau, nous avons marqué en lettres en gras les espèces cartographiées par tous les auteurs ayant publié sur Capelinhos. *Digitaria sanguinalis*, *Erigeron canadense*, *Poa annua*, *Tetragonia tetragonoides* sont des espèces qui n'ont été décrites ni par Gonçalves et Constância (1994), ni par Pereira et Constância (1994), mais ces espèces sont présentes sur le volcan depuis 1999, d'après les observations de l'auteur. En 2017, nous avons trouvé quelques pieds de *Rumex sanguineus*. Dans la *check-list* publiée par Schäfer (2003), l'espèce est décrite comme étant très rare sur l'île de Faial. Retrouver sur le Capelinhos une plante considérée comme rare sur l'île de Faial est assez surprenant.

3. Espace dominé pour le *Tetragonia tetragonoides* et *Portulaca oleacera*

Le triangle sur le croquis (fig. 6) est la délimitation de *Tetragonia tetragonoides* et *Portulaca oleacera*, sur le versant Est. Entre 2005 et 2007, cette partie du volcan était couverte par un tapis relativement dense de *Tetragonia tetragonoides* et *Portulaca oleacera*, où *Tetragonia* dominait largement. Ce tapis dense, d'une couleur d'un vert vif, encore très bien visible sur une photo éditée par Forjaz en 2007, s'est ensuite assez rétrécie; en 2017, on n'y trouve plus que des vestiges.

VI. DISCUSSION

Nous partageons cette discussion en deux secteurs, car les biocénoses sont très différentes: les champs de cendres de Capelo et le volcan des Capelinhos.

1. Les champs de cendres de Capelo

A part les secteurs qui sont bloqués par la présence de *Arundo donax*, tout laisse croire que nous assistons à une évolution vers une mosaïque de formation côtière de *Erica azorica* et vers des écosystèmes forestiers mixte de *Morella faya* et *Piconia azorica* (Elias *et al.*, 2016; Fernández-Palacios *et al.*, 2017; Trota & Pereira 2018), mais avec une forte concentration d'espèces exotiques comme *Banksia intergrifolia*, *Metrosideros excelsa* et *Pinus pinaster* et *Pinus pinea* – comme le montre aussi la carte de 2008 et les observations personnelles de l'auteur, en septembre 2017. Notons encore la présence de quelques *Araucaria heterophylla* qui, par leur hauteur impressionnante, sont devenues des éléments caractéristiques du paysage côtier entre Capelo et la station balnéaire de Varadouro. En ce qui concerne les secteurs dominés actuellement par *Arundo donax*, ils pourraient sûrement évoluer vers des formations côtières d'*Erica azorica*, mais ce processus est bloqué par *Arundo donax*.

Après presque 20 ans d'observations, l'auteur pense que *Arundo donax* bloque la dynamique végétale, comme Richter (1984) et aussi Neff (2000) l'on décrit pour le pla-

teau de Labronzo à Stromboli, où *Saccharum spontaneum* a bloqué la dynamique végétale pendant des décennies (et la bloque encore). Sans une intervention majeure de l'homme ou une nouvelle éruption de l'un des volcans dormants du complexe volcanique de Capelo, *Arundo donax* restera un des éléments dominants du paysage, entre Capelo et l'ancien phare de Capelo en face de Capelinhos. Notons aussi que cette présence dominante de *Arundo donax* est devenue une véritable empreinte du paysage côtier de l'extrémité occidentale de la péninsule de Capelo et que cette image se retrouve dans le récit de voyage de João de Melo Ações – *O Segredo das Ilhas: A orla marítima e costeira, entre o Capelo e o Varadouro, começa por ser baixa, cheia de pedras e canas* (La côte et la mer, entre le Capelo et le Varadouro, commence par être basse, envahie par des pierres et des cannes de Provence^{vi}; de Melo, 2016, p. 75).

2. Le volcan des Capelinhos

Il est très difficile de classer la végétation du Capelinhos. D'abord, il faut savoir que le volcan a perdu à peu près de 50% de sa surface terrestre pendant les 50 ans qui ont suivi l'éruption de 1957/58. Que restera-t-il du Capelinhos dans 50 ans? Théoriquement, si l'érosion marine se ralentit, on pourrait peut-être parler d'une phytocénose ressemblant au concept de formation de côte rocheuse (*Vegetação de Costas Rochosas*), décrite par Eduardo Dias (1996). Avec *Plantago coronopus*, *Festuca petraea*, *Speruglia azorica*, nous avons donc rencontré, en 2017, trois des huit espèces clefs dont parle Eduardo Dias (Dias, 1996), mais avec de nouvelles associations d'espèces, comprenant une très grande part d'espèces exotiques naturalisées aux Açores. Dans l'état actuel, l'auteur classerait l'ensemble de la végétation de Capelinhos dans une nouvelle association, qu'on pourrait peut-être nommer "*Tetragoietum – Plantegietum nov. Ass. Volcano Capelinhos*". Une association quasi unique, car inconnue dans le reste du Monde. En effet, on est assez loin de l'alliance "*Festucion petraeae*", dont parlait Pereira et Constância (1994), même si on peut considérer qu'une partie du versant ouest du cratère principal semble se diriger vers une telle alliance.

Comparé au Surtsey, en Islande, île volcanique qui a surgi de l'Atlantique six ans plus tard que le volcan des Capelinhos, il devient clair que le processus de colonisation végétale est, à Capelinhos, un processus plutôt lent. Une simple comparaison visuelle de photos du volcan de Capelinhos et de Surtsey montre que Surtsey est déjà en partie recouvert par un tapis de végétation assez dense (voir del Moral & Magnússon, 2014, p. 2100), mais à Capelinhos il n'existe pas de formation comparable en densité et en étendue. A Surtsey l'établissement de la végétation semble être lié à la forte présence des oiseaux côtiers (*seabirds*), plus spécialement à la présence de "Goélands" nicheurs sur l'île, surtout le Géoland brun (*Larus fuscus*).

D'après Porteiro *et al.* (2007), des Pigeons biset (*Columbia livia*) nichaient dans les falaises du flanc du Capelinhos. La Bergeronnette des ruisseaux (*Motacilla cinerea patriciae*) niche dans les falaises de la Costa da Nau, en face du volcan (Porteiro *et al.*,

2007). De plus, Porteiro *et al.* (2007) signalent la présence du Serin des Canaries (*Serinus canaria canaria*), du Merle noir açorien (*Turdus merula azoriensis*) et du Pigeon ramier açoréen (*Columba palumbus azorica*), tous présents sur le volcan. L'auteur, qui n'est pas ornithologue, peut confirmer la présence du Serin des Canaries sur le volcan. Néanmoins, il a eu l'impression que le site de Capelinhos semble avoir une avifaune plutôt pauvre. Pendant l'existence du tapis vert de *Tetragonia* et *Portulaca* (triangle sur le croquis de fig. 6) il y avait quelques Goélands nicheurs dans cette petite tache de végétation dense. La colonie de *Larus cachinans* (Goéland pontique), dont parlait Pereira et Constância en 1994, a depuis longtemps disparue. Cependant l'auteur a pu, pendant tous les stages de terrain, observer des Hirondelle de mer (*Sterna hirunda*) survolant le volcan de Capelinhos, et qui semblent nicher dans les falaises côtières de la Costa da Nau.

Peut-être la faible présence d'oiseaux nicheurs pourrait-elle être une des clefs pour comprendre la très lente colonisation du volcan de Capelinhos par les espèces végétales. Il semble clair que le rôle de l'avifaune pour la colonisation végétale des îles et îlots atlantiques par la végétation pionnier est un facteur déterminant (Kalwij *et al.*, 2019; Viana *et al.*, 2016). Néanmoins, au moins en ce qui concerne Capelinhos, il semble difficile de quantifier cette colonisation sans études ornithologiques complémentaires. Une autre variable, importante mais difficilement cernable à Capelinhos, est tout simplement le temps, comme l'ont récemment démontré Irl *et al.* (2019), en analysant des chronoséquences de végétation sur les coulées de laves historiques de l'île de Palma (Canaries).

Le site de Capelinhos est certainement unique au Monde. Après presque 20 ans d'observation sur le terrain, l'auteur peut simplement constater que ce sont les espèces exotiques qui semblent dominer la dynamique de végétation pionnière. A priori, si le volcan de Capelinhos ne disparaît pas en raison de l'érosion sur le littoral atlantique^{vii}, il sera sûrement intéressant de suivre l'évolution de cette biocénose unique au Monde.

VII. CONCLUSION

Pour conclure, les cinq plantes qu'on pouvait observer en septembre 2017 sur tous les versants du volcan étaient *Carpobrotus edulis*, *Cyrtomium falcatum*, *Digitaria sanguinalis*, *Plantago coronopus*, *Portulaca oleacerum* et *Tetragonia tetragonoides* (figs. 7 à 10). Ce qui est assez frappant, c'est que seul *Plantago coronopus* peut être considéré comme une plante indigène (Silva *et al.*, 2010). Les autres plantes qu'on trouve à peu près sur toutes les façades du volcan sont toutes des plantes exotiques naturalisées. En 2017, nous avons seulement retrouvé deux espèces endémiques açoriennes, à savoir *Festuca petraea* et *Spergularia azorica*. Pendant toutes les phases de travaux de terrain, de 1999 à 2017, nous n'avons constaté ni arbre ni espèce arbustive sur le volcan.



Fig. 7 – *Plantago coronopus* sur les flancs du Capelinhos. Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 7 – Plantago coronopus on the slopes of Capelinhos. Colour figure available online.

Source: Neff (2017)



Fig. 8 – *Carprobrotus edulis* sur le Capelinhos. Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 8 – Carprobrotus edulis on Capelinhos. Colour figure available online.

Source: Neff (2017)



Fig. 9 – Vue dans le cratère principal de Capelinhos. A part quelques brins de *Portulaca oleracea* et de *Digitaria sanguinalis* la “bouche de Capelinhos” est complètement dénudée.

Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 9 – View to the main crater of Capelinhos. In addition to some branches of Portulaca oleracea and Digitaria sanguinalis, the “mouth of the Capelinhos” is completely uncovered.

Colour figure available online.

Source: Neff (2017)



Fig. 10 – Travail de terrain sur le bord du cratère principal, avec les étudiants du KIT. Figure en couleur disponible en ligne.

Fig. 10 – Fieldwork at the edge of the main crater, with KIT students. Colour figure available online.

Source: Neff (2017)

REMERCIEMENTS

Je remercie Julia Baum pour les travaux de cartographies et maquette GIS/SIG.

Je remercie les étudiants de Géographie de l'Université de Mannheim et les étudiants Géographie et Géoécologie du Karlsruher Institut für Technologie (KIT) pour leur aide durant les travaux de terrain.

Je remercie Suzanne Daveau pour ses conseils, qui m'ont permis nettement d'améliorer la version finale de l'article et pour m'avoir permis de reproduire et publier le dessin de la genèse du volcan de Capelinhos fait par Orlando Ribeiro.

Je remercie Carlos da Silva Neto pour ses conseils, qui m'ont permis nettement améliorer la version finale de l'article.

Je remercie Mercedes Herrera Gallastegui pour la correction du *Resumen* espagnole.

ORCID ID

Christophe Neff  <https://orcid.org/0000-0002-9829-7679>

REFERÊNCIAS

- Brum Ferreira, A. de (2005). Geodinâmica e perigosidade natural nas Ilhas dos Açores [Geodynamics and natural danger on the Azores Island]. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, XL(79), 103-120. <https://doi.org/10.18055/Finis1494>
- Campos, V., Machado, F., & Garcia, J. A. (1962). *Relatório da missão técnica do Ministério das Obras Públicas para remediar as primeiras consequências da erupção vulcânica da ilha do Faial. Memória nº 9 (nova série)* [Report of the technical mission of the Ministry of Public Engineering to minimize the first consequences of the volcanic eruption in on the island of Faial. Memory n. 9 (New serie)]. Serviços Geológicos de Portugal.
- Cole, P. D., Guest, J. E., Duncan, A. M., & Pacheco, J. M. (2001). Capelinhos 1957-1958, Faial, Azores: deposits formed by an emergent Surtseyan eruption. *Bulletin of Volcanology*, 63, 204-220. <https://doi.org/10.1007/s004450100136>
- Comissão das Comemorações dos 400 anos do Capelo. (Eds.). (2000). *Capelo – 400 anos: livro-mãe* [Capelo – 400 years: commemoration book]. Faialentejo.
- Crisafulli, C. M., & Dale, V. H. (Eds.). (2018). *Ecological Responses at Mount St. Helens: Revisited 35 years after the 1980 Eruption*. Springer.
- Cunha, J. C. (1959). A erupção dos Capelinhos – sua influência na economia da Ilha do Faial [The Capelinhos eruption – its influence on the Economy of the Island of Faial]. *Agros*, 42(6), 4.
- da Costa, A., & Franquinho, L. de O. (1998). *Madeira: plantas e flores; plantes et fleurs; plants and flowers; Pflanzen und Blumen*. Editores & distribuidores Francisco Ribereo & Filhos, Lda.
- de Melo, J. (2016). *Açores. O Segredo das Ilhas* [Azores. Secrets of the islands]. Publicações Dom Quixote.
- del Moral, R., & Magnússon, B. (2014). Surtsey and Mount St. Helens: a comparison of early succession rates. *Biogeosciences*, 11(7), 2099-2111. <https://doi.org/10.5194/bg-11-2099-2014>
- del Moral, R., & Poli Marchese, E. (2010). Floristic change during early primary succession Lava, Mount Etna, Sicily. *BRAUN-BLANQUETIA*, 46, 225-234.
- del Moral, R., & Titus, J. H. (2018). Primary Succession on Mount St. Helens: Rates, Determinism, and Alternative States. In C. M. Crisafulli & V. H. Dale (Eds.), *Ecological Responses at Mount St. Helens: Revisited 35 years after the 1980 Eruption* (pp. 127-148). Springer.
- Di Chiara, A., Speranza, F., Porreca, M., Pimentel, A., D'Ajello Caracciolo, F., & Pacheco, J. (2014). Constraining chronology and time-space evolution of Holocene volcanic activity on the Capelo Peninsula (Faial Island, Azores): The paleomagnetic contribution. *Geological Society of America Bulletin*, 126(9-10), 1164-1180. <https://doi.org/10.1130/B30933.1>
- Dias, E. (1996). *Vegetação natural dos Açores. Ecologia e sintaxonomia das florestas naturais* [Natural vegetation of the Azores. Ecology and syntaxonomy of the natural forests]. [Tese de Doutoramento, Universidade dos Açores]. Azoresbiportal. http://www.azoresbiportal.angra.uac.pt/files/publicacoes_Dias_Cadernos%20de%20Botnica3.pdf

- Dimopoulos, A., Raus, T., Mucina, L., & Trisipidis, I. (2010). Vegetation patterns and primary succession on sea-born volcanic islands (Santorini archipelago, Aegean Sea, Greece). *Phytocoenologia*, 40(1), 1-14. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2010/0040-0426>
- Elias, R. B., Gil, A., Silva, L., Fernandez-Palacios, J. M., Azevedo, E. B., & Reis, F. (2016). Natural zonal vegetation of the Azores Islands: characterization and potential distribution. *Phytocoenologia*, 46(2), 107-123. <https://doi.org/10.1127/phyto/2016/0132>
- Fernández-Palacios, J. M., Arévalo, J. R., Balaguerias, E., Barone, R., Delgado, J. D., de Nascimento, L., ... Otto, R. (2017). *La Laurisilva. Canarias, Madeira y Azores* [The Laurisilva. Canary Islands, Madeira and Azores]. Macaronesia Editorial.
- Forjaz, V. H. (Ed.). (1997). *Vulcão dos Capelinhos: retrospectivas, vol. 1* [The Capelinhos Volcano: retrospectives, vol. 1]. Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores.
- Forjaz, V. H. (Ed.). (2007). *Vulcão dos Capelinhos, Memórias 1957-2007* [Capelinhos Volcano, memoirs 1957-2007]. Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores.
- Gery, G. (1957, octobre). *Le volcan de l'océan. Ilha nova née du feu et de l'océan* [The volcano and the ocean. The new island born by fire and water]. Paris Match.
- Glöckler, R. R. (1997). *Vulkanische Reise* [Volcanic voyage]. Klett Cotta.
- Gonçalves, V., & Constância, J. (1994). Levantamento botânico no vulcão dos Capelinhos – Expedição Científica Faial 1993 [Botanical relevés on the Capelinhos Volcano – Faial Scientific Expedition 1993]. *Relatórios e Comunicações do Departamento de Biologia*, 22, 1-4. Universidade dos Açores.
- Irl, S. D. H., Schweiger, A. H., Hoffmann, S., Beierkuhnlein, C., Hartmann, H., Pickel, T., & Jentsch, A. (2019). Spatiotemporal dynamics of plant diversity and endemism during primary succession on an oceanic-volcanic island. *Journal of Vegetation Science*, 30(4), 587-598. <https://doi.org/10.1111/jvs.12765>
- Kalwij, J. M., Medan, D., Kellermann, J., Greve, M., & Chown, S. L. (2019). Vagrant birds as a dispersal vector in transoceanic range expansion of vascular plants. *Scientific Reports*, 9, 4655. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41081-9>
- Lobão, C. M. G. (2002). *O ano do vulcão: 1957-1958* [The year of the volcano: 1957-1958]. Clube de Filatelia “O Ilhéu”.
- Machado, F. (1958). Actividade vulcânica da ilha do Faial. Notícia preliminar relativa aos meses de setembro a dezembro de 1957 [Volcanic activity on the Faial Island. Preliminary notice covering the period from September to December 1957]. *Atlântida*, 2, 225-236.
- Madeira, J. (1998). Estudos de Neotectónica nas Ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: Uma Contribuição para o Conhecimento Geodinâmico da Junção Tripla dos Açores [Studies of the Neotectonics of the Islands of Faial, Pico and S. Jorge: A contribution to the geodynamic understanding of the Triple Junction of the Azores]. [Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa].
- Madeira, J. (2007). A erupção dos Capelinhos e o vulcanismo nos Açores [The Capelinhos eruption and the volcanism in Azores]. *Boletim do Núcleo Cultural da Horta*, 16, 29-44.
- Magnússon, B., Magnússon, S. H., & Fridriksson, S. (2009). Developments in plant colonization and succession on Surtsey during 1999-2008. *Surtsey Research*, 12, 57-76.
- Magnússon, B., Magnússon, S. H., Ólafsson, E., & Sigurdsson, B. D. (2014). Plant colonization, succession and ecosystem development on Surtsey with reference to neighbouring islands. *Biogeosciences*, 11, 2014, 5521-5537. <https://doi.org/10.5194/bg-11-5521-2014>
- Neff, C. (1995). *Waldbrandrisiken in den Garrigues de Nîmes – eine geographische Analyse* [Forest fire risks in the Garrigues de Nîmes – a geographical Analyse]. Mannheim.
- Neff, C. (2000). *MEDGROW: Vegetationsdynamik und Kulturlandschaftswandel im Mittelmeerraum* [MEDGROW: Vegetationsdynamics and changes in cultural landscape in the mediterranean region]. Mannheimer Geographische Arbeiten.
- Neff, C. (2001). The Azores, a Forgotten Biodiversity Hotspot. *Geoöko*, 22(2-3), 189-192.
- Neff, C. (2002). Quelques observations géographiques et botaniques sur Fajã Grande (Flores/Açores/Portugal) – notice d'un voyage d'études aux Açores (Flores/Faial) pendant l'été 2001 [Geographical

- and botanical observations on Fajã Grande (Flores/Açores/Portugal) – notice about an scientific voyage on the Azores (Flores/Faial) during Summer 2001]. *Geoöko*, 23(4), 279-288.
- Neff, C. (2004). Azoren: Blumeninseln im Atlantik [The Azores: Flowers and Islands in the Atlantic]. *Geographische Rundschau*, 56(6), 24-28.
- Neff, C. (2019, november). *Souvenirs de vingt ans de voyage de recherche à Capelo (Île de Faial/Açores)* [Souvenirs of twenty years of research trip to Capelo (Faial Island/Azores)]. Paysages: paysages et livres – Landschaften und Bücher – Landscapes and Books [Blog]. <https://cneffpaysages.blog/2019/11/03/souvenirs-de-vingt-ans-de-voyage-de-recherche-a-capelo-ile-de-faial-acores/>
- Neff, C., Bassing, S., & Frankenberg, P. (2001). *Das Bild der Azoren in Reiseführern – Klischee oder Realität?* [The image of the Azores in travel guides – cliché or reality?]. In S. Schraut & B. Stier (Eds.), *Stadt und Land: Bilder, Inszenierungen und Visionen in Geschichte und Gegenwart; Wolfgang von Hippel zum 65. Geburtstag* [Cities and Land: Images, Orchestrations and Visions in History and Today. For Wolfgang Hippel to 65th anniversary] (pp. 165-174). Kohlhammer.
- Pedrotti, F. (2013). *Plant and Vegetation Mapping*. Springer.
- Pereira, M. J., & Constância, J. P. (1994). Observações botânicas no vulcão dos Capelinhos – Expedição Científica Faial 1993 [Botanical observation on the Capelinhos volcano – Faial Scientific Expedition 1993]. *Relatórios e Comunicações do Departamento de Biologia*, (22), 5-8.
- Poli Marchese, E. (2003). *Piante e fiori dell Etna. Prima ristampa* [Plants and flowers of the Etna. First reedition]. Enzo Sellerio editore.
- Poli Marchese, E., & Grillo, M. (2000). Primary succession on lava flows on Mt. Etna. *Acta Phytogeographica Suecica*, 85, 61-70.
- Porteiro, F. M., Ferraz, R., Tempera, F., Cardigos, F., Neves, V. C., Fraga, ... Ogamp Team. (2007). Capelinhos: a explosão da vida [Capelinhos: a explosion of live]. In V. H. Forjaz (Ed.), *Vulcão dos Capelinhos, Memórias 1957-2007* [Capelinhos Volcano, memoirs 1957-2007] (pp. 639-666). Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores.
- Quartau, R., Madeira, J., Mitchell, N. C., Tempera, F., Silva, P. F., & Brandão, F. (2015). The insular shelves of the Faial-Pico Ridge (Azores archipelago): A morphological record of its evolution. *Geochimistry, Geophysics, Geosystems*, 16(5), 1401-1420. <https://doi.org/10.1002/2015GC005733>
- Ribeiro, O., & Brito, R. S. de (1958). Primeira notícia da erupção dos Capelinhos na Ilha do Faial [First notice of the eruption of the Capelinhos on the Faial Island]. *Separata de Naturalia*, VII(I-IV), 192-224.
- Richter, M. (1984). Vegetationsdynamik auf Stromboli – zur Geoökologie trocken-mediterraner Standorte [Vegetation dynamics on Stromboli – on the geocology of dry Mediterranean locations]. *Aachener Geographische Arbeiten*, 16, 41-110.
- Schäfer, H. (2002). *Flora of the Azores. A Field guide*. Margraf Verlag.
- Schäfer, H. (2003). Chorology and diversity of the Azorean flora. *Dissertationes botanicae, band 374*. Cramer In Der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung.
- Schäfer, H. (2005). *Flora of the Azores. A Field guide (2nd ed.)*. Margraf Publishers.
- Scofield, J. (1958). A New Volcano Burst from the Atlantic. *The National Geographic Magazine*, CXIII, 735-757.
- Silva, L., Moura, M., Schäfer, H., Rumsey, F., & Dias, E. F. (2010). List of vascular plants (*Tracheobionta*). In P. A. V. Borges, A. Costa, R. Cunha, R. Gabriel, V. Gonçalves, A. F. Martins, ... V. Vieira (Eds.), *A list of the terrestrial and marine biota from the Azores* (pp. 117-146). Príncipeia.
- Sjögren, E. (1984). *Açores – flores. Horta* [Azores – flowers. Horta]. Direção Regional de Turismo.
- Sjögren, E. (2001). *Plants and flowers of the Azores*. Autoedition.
- Tabucchi, A. (1983). *Donna di Porto Pim e altre storie* [Lady of Porto Pim and other stories]. Sellerio.
- Tazieff, H. (1958). L'Eruption 1957-58 et la Tectonique de Faial (Acores) [The 1957-58 eruption and the tectonics of Faial (Azores)]. *Extrait du Bulletin de la Société Belge de Géologie de Paléontologie et d'Hydrologie*, LXVV(1), 13-59.
- Trabaud, L. (1973). *Notice des cartes à grande échelle des formations végétales combustibles du département de l'Hérault* [Notice of the maps in great scale for the vegetation series and fuel loading of the Departement de L'Herault]. Série des études locales, 68. CEPE/CNRS.

- Trota, A. N., & Pereira, M. J. (2018). *Natural History of the Azores. Second revised and updated edition*. Geotrota – Unipessoal Lda.
- Viana, D. S., Santamaría, L., & Figuerola, J. (2016). Migratory Birds as Global Dispersal Vectors. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(10), 764-775. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.07.005>
- Zhao, Z., Mitchell, N. C., Quartau, R., Tempara, F., & Bricheno, L. (2019). Submarine Platform Development by Erosion 1 of a Surtseyan Cone at Capelinhos, Faial Island, Azores. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(15), 2982-3006. <https://doi.org/10.1002/esp.4724>

ⁱ L'article est la version écrite et retravaillé de ma présentation orale éponyme au congrès *Phytosociology, Biogeography and Syntaxonomy of the Eastern Atlantic Regions*. Praia, Cabo Verde, November 5-7, 2017.

ⁱⁱ Après avoir soumis cet article début septembre 2019 je suis reparti pour un séjour de travail d'environ deux semaines à Faial en septembre 2019. Suite à ce voyage de recherche j'ai publié en Novembre 2020 dans mon blog «paysages» une rétrospective très personnelle sur 20 ans de recherches à Capelo "Souvenirs de vingt ans de voyage de recherche à Capelo (Île de Faial/Açores)" (Neff, 2019).

ⁱⁱⁱ En Anglais "Capelo Volcanic Complex" (Quartau *et al.*, 2015).

^{iv} Confirmation orale par José Madeira à l'auteur en septembre 2018 (15/09/2018) pendant la conférence *Floramac 2018* à Funchal. José Madeira est certainement l'expert le plus confirmé du volcanisme du groupe central de l'archipel des Açores, ayant dédié sa thèse de doctorat à la géodynamique des Îles de Faial, Pico et S. Jorge (Madeira, 1998).

^v Dans l'article de Anita di Chiara *et al.* (2014) nous trouvons une carte détaillée de tous les cônes volcaniques du complexe volcanique de Capelo sur la péninsule de Capelo, qui forme la partie ouest de l'île de Faial.

^{vi} Traduction du portugais par C. Neff.

^{vii} D'après les estimations de Zhao *et al.* (2019) le Capelinhos pourrait disparaître en 2119.