Observation du panache volcanique de l'Etna à l'aide du photomètre éducatif Calitoo

Fabrice Mourau[1,2], David Ambrois[1], Jean-Luc Berenguer[1], Diane Carrer[1,3]

1 : Edumed Observatory, Cellule éducation de l'UMR Géoazur, OCA, UCA, Valbonne
2 : Collège Pierre de Coubertin, éducation nationale, Le Luc
3 : CIV, éducation nationale, Valbonne

Résumé : Nous présentons un usage original du *Calitoo*. Ce photomètre éducatif développé par le CNES permet d'évaluer la taille moyenne des aérosols atmosphériques. Nous l'avons utilisé sur l'Etna afin d'étudier la répartition verticale des particules dans le panache volcanique. Ce travail, réalisé dans le cadre du séminaire *Insegnaci Etna 2019*, est un exemple d'activité destiné aux élèves et aux enseignants désireux de construire un projet éducatif scientifique en relation avec l'observation de l'environnement et le risque.

I. Les aérosols atmosphériques, le photomètre Calitoo et l'observatoire EDUMED.

Les aérosols atmosphériques sont les particules solides ou liquides en suspension dans l'air. Ils peuvent être d'origines naturelle (embruns, sédiments éoliens, pollens, cendres volcaniques) ou anthropique comme les goudrons issus de l'industrie ou les fumées d'incendie. En fonction de leur nature, ils agissent directement sur la météo en modulant la quantité d'énergie solaire arrivant au sol ou en favorisant la nucléation des gouttes de pluie. Certains, comme les pollens ou les goudrons, ont une action directe sur la santé humaine. Puisque leur étude est pertinente pour les élèves de l'enseignement secondaire, l'observatoire Edumed a mis une dizaine de *Calitoo* à disposition des établissements scolaires de son réseau grâce à un financement de la région SUD.

Le photomètre solaire Calitoo est un instrument développé par le CNES et commercialisé par la société Tenum. En mesurant l'intensité lumineuse pour 3 longueurs d'ondes (465, 540 et 619 nm), il calcule la part de la luminosité solaire absorbée par les aérosols atmosphériques : l'$AOT_{aérosols}$ ou AOD (profondeur optique des aérosols). Il délivre alors un coefficient d'Angström (α), inversement proportionnel à la taille des particules assorti d'un coefficient de corrélation linéaire (R^2) qui est un indicateur de la qualité de la mesure (figure 1). En corrélant graphiquement α à l'$AOT_{465(bleu)}$ sur un diagramme en nuage de points, on peut émettre des hypothèses sur la taille et la nature des aérosols atmosphériques.

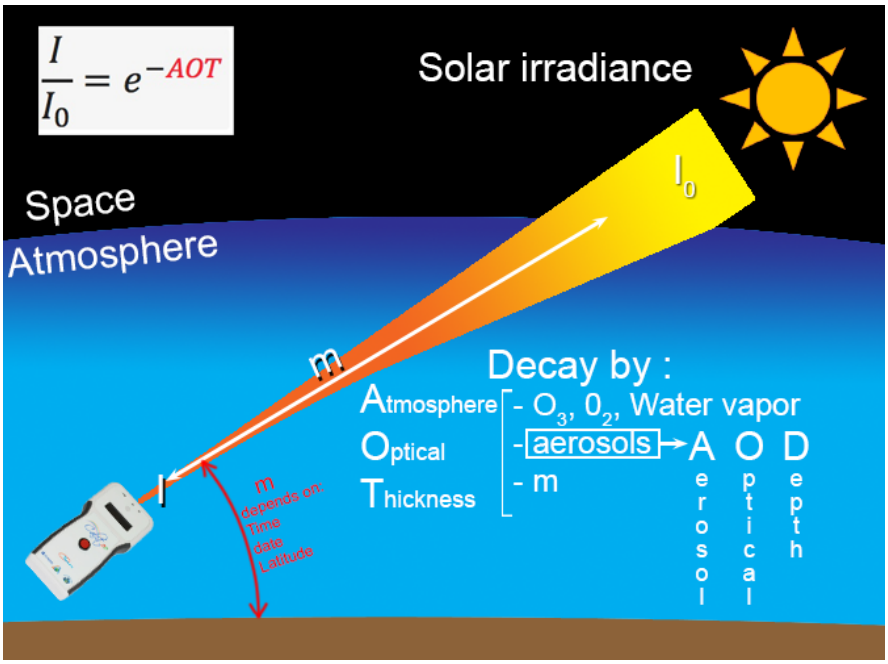

Figure 1 : l'intensité lumineuse solaire reçue (I_0) est bien supérieure à celle mesurée à la surface terrestre (I). Cette décroissance est caractérisée par l'épaisseur optique de l'atmosphère (AOT). L'AOT est fonction de la longueur du chemin optique parcouru et du contenu de l'atmosphère. La part de cette décroissance due aux aérosols est appelée $AOT_{Aérosols}$ ou AOD : Profondeur optique des aérosols.

Fabrice-benjami.mourau@ac-nice.fr

David Ambrois, de l'observatoire Edumed a développé une interface web dédiée au *Calitoo* et appelée *WISP* pour **W**eb **I**nterface for **S**olar **P**hotometer. Après une identification de l'utilisateur, cette application on-line permet de saisir les mesures réalisées par l'instrument soit manuellement, soit par copie des données brutes. Au-delà de la simple centralisation des données, le site permet une caractérisation graphique du type de particule en suspension, le suivi dans le temps de la qualité atmosphérique d'une station et bien entendu la consultation et le téléchargement des données collectées par les utilisateurs.

II. Comment caractériser les particules en suspension dans le panache éruptif de l'Etna ?

Lors du séminaire annuel du réseau *Insegnaci Etna*[*], l'observatoire Edumed (UMR Géoazur, OCA, UCA) a assuré plusieurs ateliers de formation des enseignants et mis un photomètre *calitoo* à disposition du lycée scientifique *Archimède* de la ville d'Acireale (Sicile, Italie). L'expérience présentée ici a été réalisée dans le cadre de ces formations au lycée de Bronte du 10 au 13 octobre 2019.

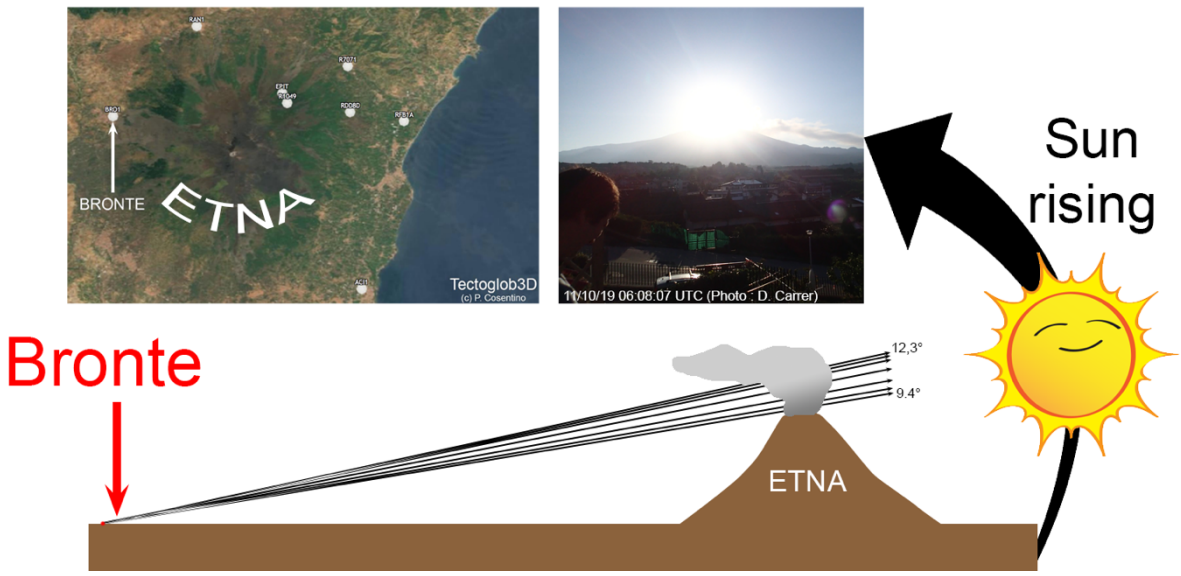

Figure 2 : Les mesures ont été réalisées pendant une vingtaine de minutes le matin dans la ville de Bronte à l'aide d'un photomètre Calitoo.

La ville de Bronte (figure 2) se situe à l'ouest de l'Etna et il est possible de se positionner le matin de telle sorte que le soleil se lève juste dans l'axe des bouches éruptives du volcan. Dès les premiers rayons, nous avons pointé le soleil avec le Calitoo, puis nous avons réalisé une mesure par minute pendant 20 minutes environ. Les données enregistrées sur le Calitoo #0347 ont été téléchargées sur le logiciel *Calitoo soft*, distribué par la société Tenum sur son site. Cette interface permet de récupérer les données contenues dans la mémoire de l'instrument et de les exporter sur l'interface WISP. Afin de traiter plus spécifiquement les données, nous les avons exportées au format .csv à l'aide d'un éditeur de texte en utilisant un séparateur en point-virgule.

* : Initié et coordonné par Pierre Briole de l'ENS-Paris, Le réseau Insegnaci Etna regroupe des écoles de la région de l'Etna, des écoles de différents pays européens, des universités, des centres de recherche, des PME. C'est à la fois, un réseau d'écoles désireuses d'échanger des connaissances dans le domaine des géosciences, un observatoire pédagogique, des séminaires annuels de 4 jours dans la région de l'Etna et un atelier pour le développement de capteurs et de systèmes d'information à l'école. http://site.ietna.eu

Fabrice-benjami.mourau@ac-nice.fr

Le Calitoo va nous délivrer un coefficient d'angström (α) associé à un angle d'élévation du soleil par rapport à l'horizon. Enfin de réaliser ses calculs d'AOD, l'instrument doit effectivement connaître l'élévation solaire. Pour cela, il contient un GPS et un baromètre qui permettent de connaître l'heure, les coordonnées géographiques et l'altitude de l'instrument. Nous avons utilisé ces données afin d'approximer l'altitude des aérosols (figure 3)

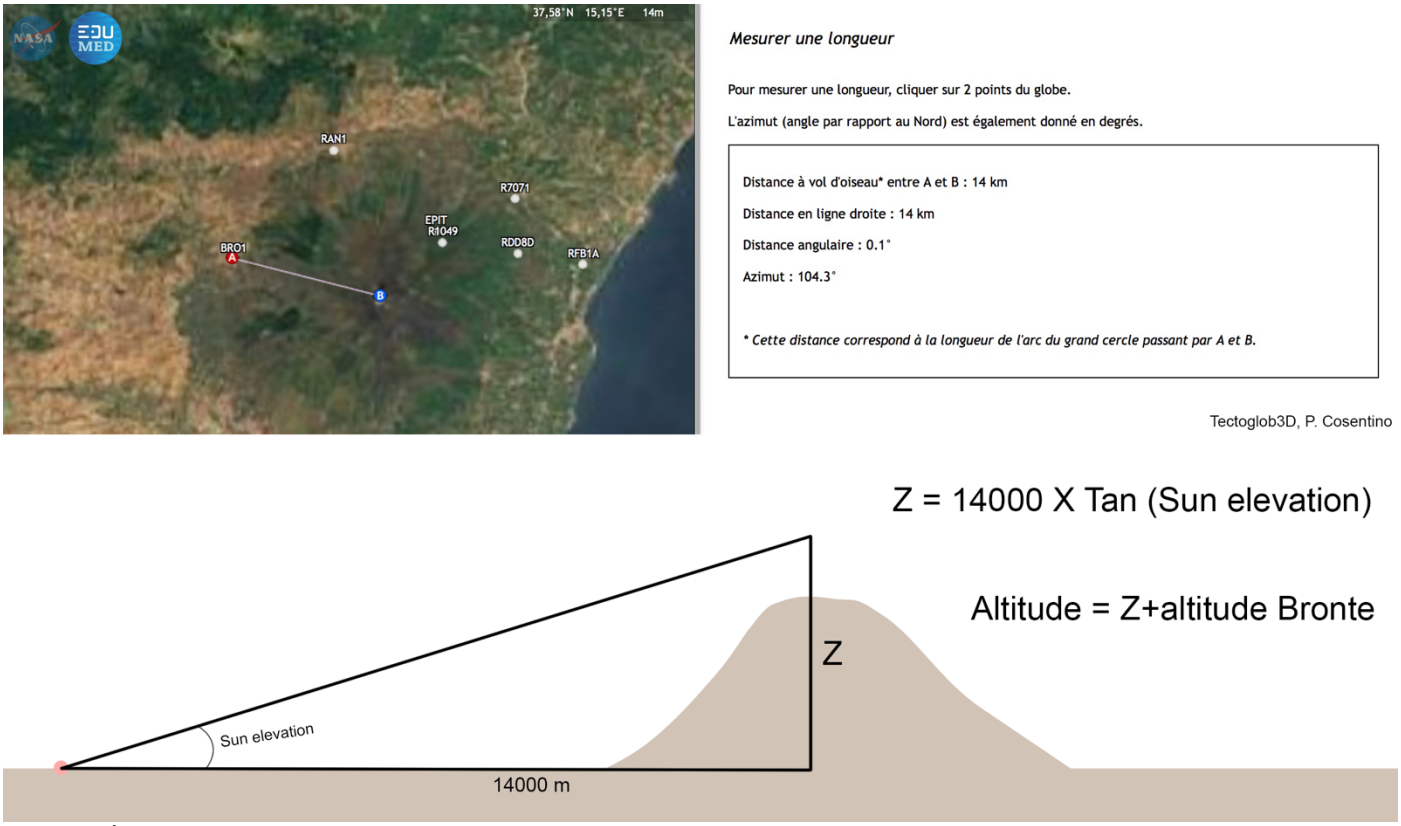

Figure 3 : À l'aide de tectoglob3D, nous avons estimé la distance entre Bronte et la bouche éruptive de l'Etna, soit 14000 mètres environ. Le Calitoo fournit l'angle d'élévation solaire et son altitude. Une simple relation trigonométrique permet alors d'évaluer l'altitude des aérosols mesurés.

III. Résultats

Nous avons réalisé 2 séries de mesure, les 11 et 12 octobres au matin (figure 4). Les calculs d'altitude montrent des premiers enregistrements à 3240 et 3265 mètres, ce qui est assez cohérent avec l'altitude de l'Etna dont le sommet culmine à 3320 mètres.

Du point de vue des aérosols, on constate une croissance du coefficient d'Angström dans les 150 premiers mètres au-dessus du volcan. Ce résultat peut être interprété par une décroissance de la taille

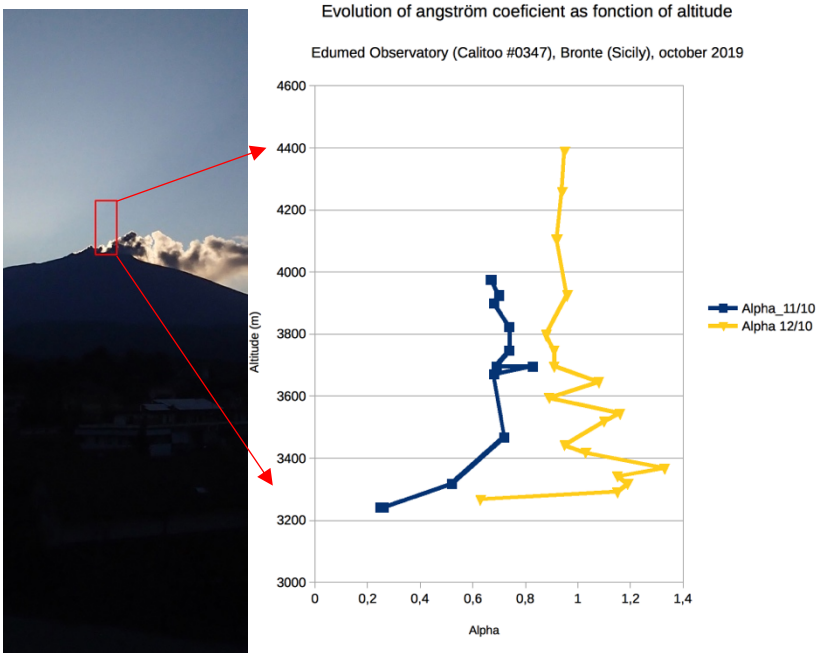

Figure 4 : Variations du coefficient d'Angström en fonction de l'altitude estimée au sein du panache de l'Etna.

Fabrice-benjami.mourau@ac-nice.fr

des produits volcaniques en suspension dans l'air. Au-delà, on observe des variations de la taille liées à des effets aérologiques sur le panache. En corrélant alpha avec l'AOD_{465} on peut discriminer un peu plus la nature des aérosols (figure 5). La première mesure appartient au domaine des poussières relativement grosses, puis on se décale vers des éléments de plus en plus petits mais solides. Enfin les mesures passent dans le domaine des embruns, peut-être les gouttelettes qui se condensent dans le panache.

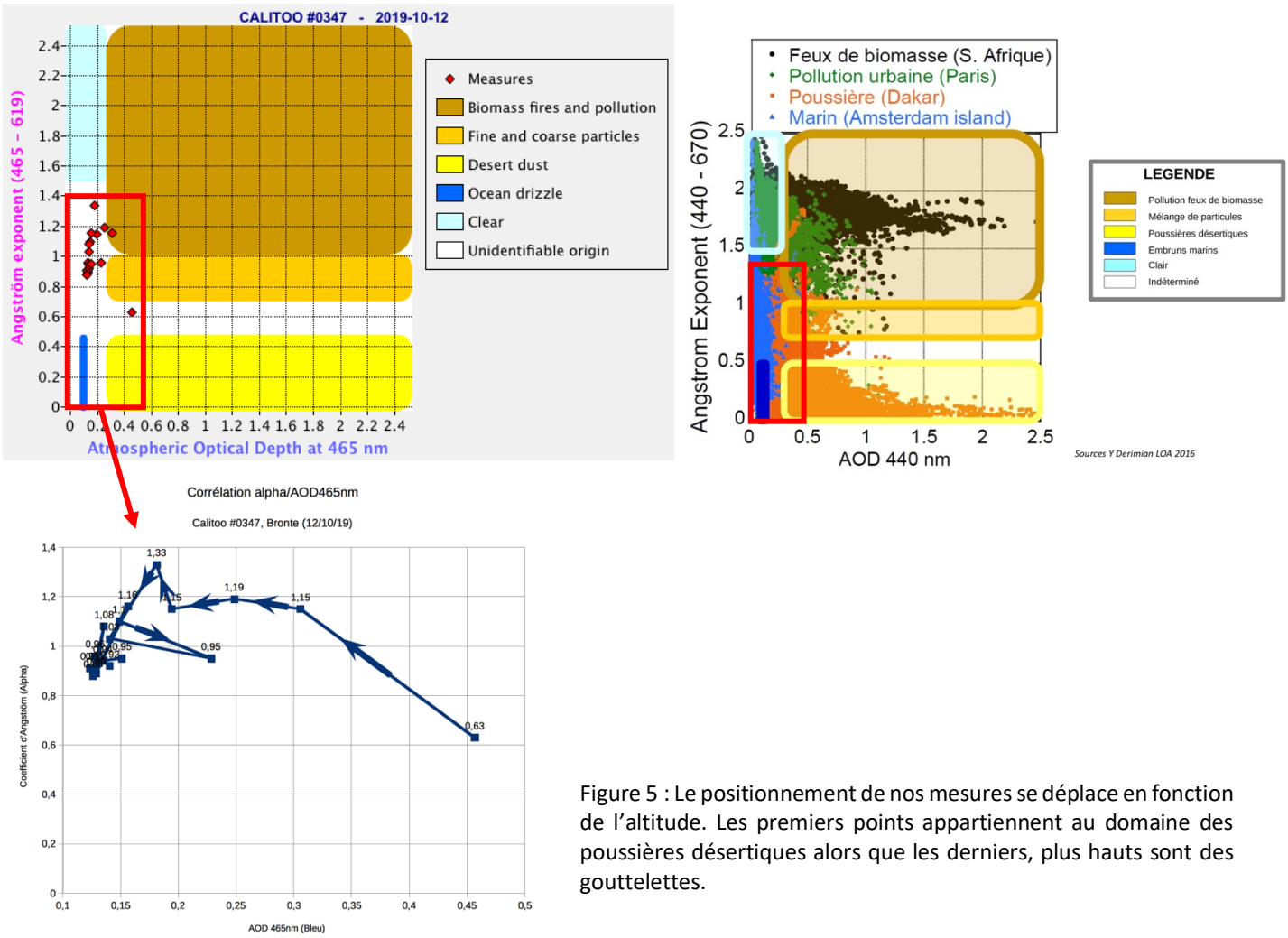

Figure 5 : Le positionnement de nos mesures se déplace en fonction de l'altitude. Les premiers points appartiennent au domaine des poussières désertiques alors que les derniers, plus hauts sont des gouttelettes.

IV. Discussion

Cet exemple d'activité démontre le potentiel du photomètre *Calitoo*. C'est un instrument précis et facile à mettre en œuvre sur le terrain. Avec un accès intégral aux mesures réalisées par ses différents capteurs, le concepteur a laissé libre cours à l'innovation pédagogique : détection de pollens, comparaison entre la houle et les aérosols, étude de l'eau de rivière en comparant les AOT en cuve et la conductivité électrique… Ces mesures réalisées dans l'environnement constituent un support intéressant dans le cadre de l'enseignement scientifique en lycée et en lien avec l'éducation au développement durable. Avec l'appui de la région SUD, l'observatoire Edumed va déployer une dizaine de *Calitoo* en s'appuyant notamment sur le réseau solstice mis en œuvre avec le CEA de Cadarache. Les activités et études de cas créées par les enseignants seront partagées dans la *teachers room* sur le site de l'observatoire. L'interface WISP, quand elle sera totalement opérationnelle, permettra de mettre en commun toutes les données collectées et changer l'échelle de l'analyse : de la mesure locale à celle du territoire. Nous ouvrirons d'ailleurs WISP à l'intégralité des utilisateurs de *Calitoo*.

Fabrice-benjami.mourau@ac-nice.fr