



Stage ENS@Etna2021

Transcription de mon carnet de terrain dans une écriture lisible par tous, non effacée par endroits et sans trous de cailloux :)

A landscape photograph of Mount Etna, showing a volcanic slope covered in dark, porous lava rock. The terrain is dotted with low-lying green shrubs and numerous bright yellow flowers, likely Helianthus, in the foreground. The sky is clear and blue.

Lundi 05/07

Plantes de l'Etna

Lundi 05/07

En voiture

- Route : - On voit plusieurs petites montagnes : ce sont des cratères adventifs - Au fil des éruptions, la route est régulièrement recouverte par des coulées et reconstruite ; dernière grande coulée en 2002
- Solidification de la lave : - On voit des blocs et des bancs plus compacts : les blocs se sont cassés (gravité etc) à partir de la coulée très visqueuse, les bancs se sont solidifiés plus lentement et sont bcp moins poreux
- Eau : - L'érosion contribue à homogénéiser le relief, mais il y a peu de ruissellement car l'eau s'infiltré dans la pierre ponce. Les roches volcaniques éruptives contiennent bcp d'alvéoles -> le volcan, s'il paraît sec et aride, est en réalité un véritable château d'eau : l'eau de pluie s'infiltré et remplit les nappes phréatiques. - La Sicile a une végétation plus luxuriante que l'Italie aussi dû à la présence de davantage de nutriments dans les coulées volcaniques

Lundi 05/07

Pose d'un GPS statique

- GPS/GNSS : - le système : GNSS, la constellation de satellites US : GPS
- Pose : on fixe le récepteur sur des blocs de béton conçus pour, de sorte à ce que le mvt enregistré soit bien celui du volcan et non de phénomènes de surface (glissement de cailloux, vent, pluie, etc)
- Télescope ASTRI : à la station de l'INGV on voit aussi un télescope qui fonctionne par l'effet Cherenkov : il détecte les photons gamma provenant de supernovas etc de part les flashes très brefs de lumière bleue qu'ils produisent par interaction de leur rayonnement très énergétique avec l'atmosphère (effet Cherenkov)
 - À la station il y a aussi des télescopes qui captent dans le visible (cf photo : les trois coupoles), et il y a aussi un LIDAR

Lundi 05/07

Observation au point de vue

- On voit des cônes : ce sont les cratères d'anciennes éruptions latérales (la dernière : 2008). On en voit bcp, c'est parce que l'histoire éruptive de l'Etna est longue ; en les comptant et en divisant par le temps depuis lequel l'Etna est actif on peut obtenir une probabilité d'éruption
- Monti Rossi : 1669 ; sa coulée de lave atteint catane et détruit une partie de la ville comme on ira le voir demain au monastère des Bénédictins
- Plaque Africaine en subduction sous la plaque Européenne

Lundi 05/07

Explications GPS

- L'instrument que l'on a dans les mains est un récepteur qui capte les signaux "il est __ heure" envoyés par des satellites artificiels.
- Il y a plusieurs constellations de satellites : GPS (US, la première), galileo galilei (UE), Russie, Chine, Inde ; Sur nos récepteurs, un voyant indique par sa couleur l'origine des signaux (rouge : Russie, vert : US)
- Les satellites envoient 2 types d'ondes : des ondes de 20cm (1.5 GHz) et d'autres de 25cm (1.2 GHz). Car il y a plusieurs enveloppes atmosphériques et notamment :
 - troposphère : bcp d'humidité -> vitesse des ondes \neq vitesse de la lumière
 - ionosphère : électrons libres interagissent avec le rayonnement (notamment ralentit la propagation des ondes électromagn.) (-> 2 fréquences permettent de compter le nb d'électrons dans l'ionosphère)
- Fonctionnement : la mesure des différences de temps entre l'émission et la réception du signal donne la distance au satellite ; pour obtenir la position, il y a 2 méthodes :
 1. positionnement en double différence : il faut un deuxième récepteur positionné à une station de référence supposé fixe ; la station de référence pour la Sicile est celle de Noto
 2. positionnement absolu : il faut connaître très précisément la trajectoire des satellites.

Au début, le plus précis était d'utiliser 2 récepteurs car ils communiquent entre eux, notamment sur les propriétés de l'atmosphère et les temps d'arrivée (vis à vis de la troposphère et de l'ionosphère). Auj, on connaît de + en + précisément les trajectoires des satellites et on corrige les mvts parasites par rapport à leur orbite (précision 3-4 cm) -> il devient de - en - intéressant de faire des dbles différences.

- Statique/Dynamique : - Statique : durée d'acquisition d'au moins 3-4 heures ; -Dynamique : on se promène avec, c'est ce que l'on a fait auj.
- La précision souhaitée dépend de ce que l'on veut observer : pour un phénomène très dynamique on a plutôt intérêt à avoir davantage de points quitte à perdre un peu en précision de la mesure

Lundi 05/07

Plantes de l'Etna

- 1) Décrire le milieu dans lequel elles vivent : sec, ensoleillé, en pente, volcanique, vent, en altitude, pas de sol (pas de terre) -> instable -> réseau racinaire profond et dense (mais la végétation est lente à recouvrir les coulées (les coulées de 2002 ne sont tjs pas recouvertes) donc on ne va pas les déraciner pour observer cela)
- On voit des roches sur la végétation : ce sont des cendres des dernières éruptions
- On était à l'étage de la prairie (~ 1100 à 2000 m)
- Les plantes ont de petites feuilles voire des épines : cela leur permet d'éviter la déshydratation par le vent
- Astragale de Sicile (légumineuse, papillonacés) : - fait des coussins pentus - des épines contre les animaux (il y a des moutons) - racines profondes et denses => ces plantes stabilisent le terrain et protègent des prédateurs ; elles ne sont pas endémiques mais sont utiles pour les espèces suivantes
- Achillée : fleurs jaunes ; plusieurs sortes différentes (forme des pétales etc)
- Endémiques : se sont isolées spatialement et génétiquement en adaptation au milieu
- Genet : - endémique - fleurs jaunes qui sentent bon - famille des légumineuses ; mais là où on était on atteint leur limite haute en altitude (~1900m alt)
- On voit plus bas des bouleaux : lors de la dernière glaciation, avec la baisse des températures le bouleau est arrivé d'Europe ; puis les températures ont augmenté et ils se sont spécialisés
- Graminés (mais c'est souvent à la loupe que l'on les classifie, ce que l'on n'a pas fait auj)
- Saponaria : - fleurs roses - contient de la saponine (tensio-actif) -> ces plantes sécrètent une substance toxique pour éviter d'être mangées)
- Rumex : - du latin 'mâcher' car les romains la mastiquaient pour vaincre la soif ; - polygonacé ; - boules rouges
- Linaria étérophila : - fleurs violettes - on les retrouve en association avec l'astragale, qui la protège et fixe le sol (≠ Rumex l'a pas besoin de l'astragale)

Lundi 05/07

Explications géo_

- La compression EU - Afr se traduit par des failles. Des failles suivent le pourtour de la côte. Faille Perigane : sénestre
- Les processus volcaniques de l'Etna sont principalement contrôlés par la dynamique d'extension. On observe 2 zones de rift : NE-SW et _ Ces zones de rift sont les zones d'où ressort le plus souvent la lave.
- Quelques auteurs suggèrent également des structures de glissement vers la mer.
- Il y a 300 000 ans, le processus volcanique a commencé suite à un apport thermique.
- Dans le rift Est-Africain, 2 zones de rift à 120°. On retrouve cela ici, à la fois dans les zones de rift et les cratères adventifs.
- Le mvt extensif vers l'Est favorise bcp la remontée de magma dans les bords du tiroir (cf carte).
- Quand il y a remontée d'un dike, on s'attend à être dans l'une des deux zones de rift.

Lundi 05/07

Explications (suite) : dikes et remontée du magma

- Gonflement du magma dans la chambre magmatique. Quand la pression est suffisante ($\sim 3\text{MPa}$, \sim la résistance des roches), le magma rompt l'encaissant et s'infiltré dans les fractures, et une nouvelle pression s'établit. Le magma a alors une pression inférieure à celle des roches encaissantes et remonte à la surface.
- La pression qui s'établit dans un dike est orthogonale à la surface du dike (un dike a une structure planaire) ; e.g. si dike direction N-S alors pression E-W.
- Quand le magma remonte des strates résistantes, il forme des sills (intrusions latérales). Si elles continuent dans le temps, elles vont former des sill magma chambers. Elles se forment surtout à 4-5 km sous la surface, à l'interface entre le socle sédimentaire et la lave. Le magma remonte verticalement et alimente des poches proches de la surface.
- Ce processus de gonflement et remplissage se produit dans chaque chambre magmatique de type sill jusqu'à ce que la pression atteigne $\sim 3\text{MPa}$. Plus la chambre est profonde, plus la pression de l'encaissant est forte et donc moins la chambre peut se remplir. À l'inverse, à la surface on a donc davantage de structures de déformation. Quand elles atteignent la surface, elles forment un dike.
- La plupart des déformations observées sur l'Etna résultent de ces dikes. Si on utilise la boussole, on verrait que tous ces dikes sont orientés selon la même direction préférentielle.

Lundi 05/07

Explications (suite) : éruptions et régions de l'Etna

- La région du Sud de l'Etna est plus active (>1 éruption par an)
- Le dernier siècle a connu 4 éruptions majeures : - 1928 : la lave est arrivée jusqu'à Mascali à moins d'1 km de la mer ; - 1951 : coulée de lave de la vallée del Bove ; - 1971 : jusqu'à _ ; - 1979 : la plus importante __
- On se trouvait sur le système SE-SW ; l'appareil éruptif de 1972 se trouvait. C'est un des systèmes éruptifs les plus dangereux de l'Etna car la lave peut y descendre jusqu'aux villages. Il y a une éruption importante tous les 300 ans environ ici, et toutes les éruptions qui y ont eut lieu ont atteint la mer.
- L'éruption émet davantage de magma et plus rapidement lorsqu'elle est haute en altitude. Étude statistique entre longueur des coulées et altitude d'émission : à <400m, les coulées n'ont jamais atteint de village, à >_m elles ont toujours atteint un village ou la mer.

Lundi 05/07

Observation d'un dike près de la vallée del Bove

- Dike orienté NNW-ESE, aligné avec les blocs. Il tourne car doit contourner des obstacles plus compétents, voit cela car il y a des processus d'érosion différentielle
- Épaisseur 7-8 m ; hauteur : _ (quand on étudie un dike sur le terrain on mesure sa hauteur)
- Dans le dike : - peu de bulles d'air, très dense ; - basaltique : pg (mnx blancs, Ca Na), ol, px ; nodules de px (gros px, pluricentimétriques).
- Au contraire, dans les scories: - très léger, bcp d'air ; - on ne voit pas de mnx et tout est très brillant (sauf quand altéré) : c'est dû à un refroidissement rapide, la silice a cristallisé très rapidement (-> brillant)
- Rouge : oxydé ; et de différentes teintes de rouge-marron-noir
- Vallée del Bove : on voit des couches quasi verticales -> dikes, et des couches plus horizontales suivant +/- la topographie -> coulées successives ; on est près de la caldera d'un ancien volcan formé par plusieurs coulées successives



Mardi 06/07

Catane

Mardi 06/07

Théâtre antique

- Au tout début, on se trouve sous des voûtes de terre cuite et basalte : technique de construction romaine (brique + mortier, et roches volcaniques) ; phase de construction majeure sous l'empereur Adrien ; matériaux de différentes époques ; après l'éruption de 1669, une maison privée a été construite, qui coupe ce qu'il restait du théâtre
- Le théâtre a été construit à l'époque grecque ici, sur une colline naturelle pour avoir une pente qui permette de voir (théâtre: voir) et orienté vers qq chose de beau, ici la mer et le port
- En 1669 eut lieu une éruption latérale très fluide qui a endommagé une partie périphérique de la ville et une partie du théâtre, et qui a atteint la mer (il y a peu d'éruptions de l'Etna qui l'ont fait). Des peintures à St Piti commémorent cet événement exceptionnel. Il y a encore à Catane des endroits qui n'ont jamais été recouverts de lave, on y trouve la base sédimentaire.
- Suite à l'éruption, la structure de la ville change. Un petit lac (lago de ...) a disparu suite à la coulée de lave. D'un fleuve alimenté par plusieurs sources qui traversait Catane et se jettait dans la mer on ne retrouve qu'une fontaine. À Catane, il pleut bcp (vent + montagnes qui bloquent les nuages), l'eau s'infiltre dans les roches volcaniques et alimente plusieurs sources. On trouve aujourd'hui une source en plein milieu du théâtre, sûrement suite au tremblement de terre de 1973.
- En 1693 survient un gros tremblement de terre (Mw 7-8) probablement en Grèce et entraîne de nombreuses destructions à Syracuse et Catane, quasiment toute détruite. -> 2 générations successives à Catane ont subi des catastrophes.
- Suite à cette destruction, qqun s'approprie le baroque et son style caractérise aujourd'hui l'architecture de Catane (baroque tardif). Une des particularités par rapport au baroque : ici on utilise aussi la pierre volcanique (≠ pierres blanches).
- Lorsqu'après le séisme de 1693 la cité de Catane se reconstruit avec le baroque, le théâtre n'étant pas considéré comme important, des débris volcaniques y sont laissés, l'édifice reste à l'abandon et des maisons sont même construites dessus. C'est suite aux fouilles de Pompéi et à la passion pour les ruines qui en surgit qu'on libère et redécouvre le théâtre

Mardi 06/07

Théâtre antique - frise chronologique

- IIe s. : construction du théâtre à l'époque romaine
- fin de l'Antiquité : abandonné, quartier malfamé
- Moyen-Âge : les théâtre sont utilisés comme carrières de pierres pour la construction des cathédrales
- XVIIe s : on y jette les détritrus
- 1669 : coulée de lave
- 1693 : tremblement de terre et une source se forme au milieu
- reconstruction style baroque tardif
- XVIIIe s : redécouverte suite à la découverte de Pompéi
- XXe s mise en valeur du théâtre, notamment avec la reconstruction du 3e étage

Mardi 06/07

Théâtre antique - aujourd'hui

- On voit aujourd'hui autour et empiétant sur le théâtre des bâtiments privés. L'allées des acteurs a été transformée en une voie.
- Si on voulait véritablement reconstruire le théâtre, il faudrait également raser tous les bâtiments pour voir la mer et le port ; mais le choix qui a été retenu est plutôt faire vivre les différentes époques du théâtre.
- On voit la partie restante de la muraille romaine démantelée au Moyen-Âge
- Dans un théâtre grec, les citoyens se rassemblaient, discutaient de vie politique et assistaient à des pièces de théâtre. Dans un théâtre romain se déroulaient des pantomimes avec musique, des pièces de théâtres, mais aussi des combats de gladiateurs et de bêtes sauvages. Les théâtres grecs ont été transformés en théâtres romains (réduction à 1/2 cercle (grecs : un peu plus), mur et allées pour les animaux des combats de gladiateurs, ...)

Mardi 06/07

Monastère des Bénédictins

- voir les photos
- On voit la coulée de 1669 qui est entrée en partie dans le monastère

A photograph of a volcanic tunnel. The ceiling is made of large, reddish-brown volcanic rocks. A lava flow is visible in the background, partially obscured by the tunnel's structure. The lighting is dim, with a single light source visible in the distance.

Mardi 06/07

Monastère des Bénédictins

- voir les photos
- On voit la coulée de 1669 qui est entrée en partie dans le monastère

Mardi 06/07

Présentations à l'Université de Catane

- Sommaire :
- What is a lava fountain ? Boris Behencke, Istituto Nazionale de Geofisica e Vulcanologia (INGV) - Osservatorio Etneo
- Introduction to radar interferometry applied to Mt Etna, Bryan Raimbault, Département de Géosciences ENS
- Archeology of Eastern Sicily - From antiques studies to landscape research, Rodolfo Brancato
- Dynamics of the Eastern flank of Mt Etna and related fault systems, Alessandro Bonforte, INGV - Osservatorio Etneo
- The faults of SE side of Catania, Francesco Carnemolla, PhD student of University of Catania

Mardi 06/07

What is a lava fountain ?

- Les lava fountains arrivent souvent en ce moment, tous le 3-4 jours, c'est un des nombreux phénomènes volcanologiques
- Analogie avec le champagne : - quand la bouteille est fermée, le gaz est dissout dans le liquide ; pour le volcan on appelle cela le magma et le gaz est surtout de la vapeur d'eau ; - quand la pression est libérée, il y a fontaine et bulles
- L'Etna a 4 cratères : - cratère du NE (1911) ; - Voragine (1945) ; - Bocca Nuova (1968) ; - cratère du SE (1971) (the youngest son of The Mama)
- Summit eruptions ; Paroxysmes (brief violent events) ; ~12m de hauteur (jaillit)
- Après les éruptions il y a des scories (ash) partout sur les routes, c'est embêtant car il faut tout nettoyer mais ce n'est rien comparé à une coulée de lave dans son jardin
- On a craint une nouvelle flank explosion en 2020 : - augmentation exponentielle de __, - enflement du volcan, - 14jan 2021 : les 4 cratères sont en éruption en même temps ! - 16fev 2021 : coulées pyroclastiques (collapse of the cone) inattendues puis lava fountain, the 1st big paroxysm of last years ; - since then a further 42 paroxymal episods
- Le haut du volcan a augmenté entre 22/05/202 et 04/07/2021
- C'est inquiétant, comment le communiquer ?

Mardi 06/07

Introduction to radar interferometry applied to Mt Etna

- Aux frontières de plaques, il y a accumulation d'énergie par déformation élastique des roches ; cette énergie peut se libérer en un séisme ; cette accumulation-séisme-et_ainsi_de_suite est ce que l'on appelle le cycle sismique. Accumulation : ~10-1000ans ; séisme : ~1-100s.
- Les observations satellites sont une nouvelle manière de surveiller la surface. On dispose de 15ans de données. Il y a plusieurs constellations de satellites ; ici on va se concentrer sur Sentinel 1 et 2, ils couvrent toute la surface en 6 jours et utilisent des ondes radar.
- Le satellite émet une onde qui est réfléchiée par la Terre puis reçue ; l'onde reçue contient des informations dans son amplitude et dans sa phase :
 - l'amplitude dépend des propriétés du sol, c'est en quelque sorte la quantité de lumière qui revient au satellite
 - la phase est $\phi = 4\pi r/\lambda + \phi_{\text{scattered}}$ (dans $[-\pi, \pi]$) ; c'est la différence de phase entre les signaux reçus et émis
- L'interférométrie permet de voir si le sol a bougé entre 2 acquisitions à partir de l'information de différences de phases $\phi_{ij} = (\phi_j - \phi_i) + \epsilon$. On retire la distribution des réflecteurs spatiaux en faisant la soustraction entre les deux images -> il ne reste plus que le différence de phase dépendant du mouvement => on obtiens la carte de phase (dans $[-\pi, \pi]$), "wrapped interferogram" -> on déplie l'interférogramme pour obtenir un signal continu en radians $\phi_{\text{unwrapped}} = \phi_{\text{wrapped}} + 2k\pi$; on fait aussi la correction de plusieurs erreurs (troposphère (+ionosphère in BandL), erreurs orbitales et __)
- Applications à l'Etna : on calcule donc successivement : - amplitude image, - wrapped image, - unwrapped image ; Quand on voit des franges c'est qu'il y a eu du mouvement.
- L'interférogramme combine 2 images moins précises que GPS mais donne au final des informations précises.

Mardi 06/07

Archeology of Eastern Sicily - From antiques studies to
landscape research

- 1: Introduction ; 2 : Archaeological research on the rehistoric Greeks and Roman Sicily ; 3 : How to access ancient landscapes, the Hyblean Archaeological Survey Project



Mardi 06/07

Dynamics of the Eastern flank of Mt Etna and related fault systems

- Le flanc Est se déplace par rapport au rest du volcan, on l'a remarqué depuis le XVIIIe s. Accumulation de magma dans le volcan au __e s. puis grande explosion. Premières théories : glissements de terrain / accumulation de magma. -> Quel est le mécanisme et comment prédire s'il va y avoir collapse ou non ?
- Contexte géologique : convergence des plaques Africaine et Européenne en Sicile. La plaque Africaine est constituée de cc à l'W et de co à l'Est => il y a deux différents types de convergence : une collision au centre et à l'W, une subduction à l'E => une frontière de blocs entre collision et subduction.
- Le flanc Est se déplace par rapport au rest du volcan et est découpé en plusieurs blocs. Les réseaux GPS siciliens, denses, ont permis de mettre en évidence le découplage du flanc Est du volcan et de voir les différents blocs composant ce flanc mobile. Chaque bloc se déplace d'une manière différente ; les frontières entre les blocs sont des failles.
- Slow Slip Event : aseismic creeping, episodic accelerations. Le mouvement est discontinu avec un taux de déplacement quasi-constant.
- Timpe 2016 : aseismic creeping
- Permicana 2010 : seismic faults. La déformation du flanc Est était localisée dans la faille.
- Un facteur contrôlant la stabilité du flanc : l'activité magmatique. La chambre magmatique pousse et fend le flanc du volcan. Dike intrusions split the volcano and pushes parts away from one another. Les effets de ces failles sont très grands, la déformation est visible depuis le sol.
- Chaque faille sismique est bien connue en termes de séismes majeurs qui ont eu lieu dans les temps historiques/
- The main risk is earthquakes rather than eruptions.
- Competition between gravity and magma intrusion.
- During the inflations, the E side slides more than the W one (reverse fault)

Mardi 06/07

The faults of SE side of Catania

- Slow Slip Events : well-known phenomena
- Dec 2018 : séisme volcano-tectonique de magnitude Mw 4.9 sur le flanc SE
- Les séries temporelles de récepteurs GNSS permanents permettent de voir les déformations cosismiques et post-sismiques ; il y a plusieurs stations sur le volcan (dont plusieurs vers les Tremesti faults), qui ont pour but de surveiller les principales failles. La résolution est différente entre les séries des récepteurs GNSS permanents et temporaires (4-5jours).
- Le déplacement est bien plus important vers l'Est que le Nord ou le ciel.
- À partir des données GPS on peut déduire le champ de vitesse : vitesses absolues ITRF puis vitesses relatives par rapport à une des stations.
- On peut aussi aussi faire un calcul interferometry processing (technique différente de celle présentée par Bryan) : à partir d'un grand nombre de cartes de la déformation de surface, on obtient fault offset
- Discussion et conclusion : - il y a un clair mouvement de tout le flanc Est du volcan, mais à des vitesses différentes : les stations du côté __ sont plus rapides que celles __ ; - séisme dec 2018 : certaines stations montrent un saut cosismique sur toutes les composantes, d'autres seulement sur la composante Est ; - quel rôle joue la faille Nozzeti ? elle présente une extension de 8mm/an, il faudrait la surveiller avec un récepteur GNSS permanent.



Mercredi 07/07

Failles, ondes internes du détroit de Messine, et présentations

Mercredi 07/07

Failles

- Sommaire :
- plan de faille à Acireale
- faille S. Leonardello
- faille de Mascarello

Mercredi 07/07

Plan de faille à Acireale

- Indices de failles : escarpements de failles
- Plan de faille à Acireale : pendages N315-70E ; basalte ; on est au point où la faille change de direction ; des stries permettent de voir le sens de glissement de la faille : normale dextre ; on voit 2 parties sur la faille : avec et sans lichen -> hyp la partie inf est dûe à du glissement plus récent ;
- Dater le glissement, ou mesurer le taux de glissement, par les lichens : on fait l'hyp que les lichens de la faille ont le même taux de croissance que ceux du village, on sait quand le village a été construit, et on compare les diamètres des lichens des toits et habitations à ceux de la faille.
- On voit aussi un réflecteur posé plus haut sur la faille pour mesurer la distance et l'angle avec la station située en face sur l'autre bloc (hanging wall de la faille normale). On mesure ainsi le déplacement relatif d'un bloc par rapport à l'autre (tous deux se déplacent vers la mer mais le bloc SE moins vite que l'autre)

Mercredi 07/07

Faille S. Leonardello

- On s'est déplacés vers le Nord. Plusieurs failles forment des grabens et sont parmi les plus actives du versant Est de l'Etna ($M_w \sim 5$). On a ici des failles qui pénètrent de 4-5 km dans la croûte ($\neq 10-12$ en Grèce où pas de croûte volcanique). Ici on peut avoir des séismes plus similaires à des séismes tectoniques profonds.
- Le mvt de ces failles est visible sur des données GPS ; mais il y a beaucoup de failles est le nombre de stations GPS est certes grand mais insuffisant devant le nb de failles - > c'est surtout l'interférométrie radar qui montre des résultats très clairs
- La déformation se propage vers le Sud.
- Cette faille et l'ensemble de failles dont on vient de parler sont bien visibles dans la topographie (prendre une carte topo)
- Ces structures sont pour la plus grande partie de leur mvt asismiques (mvt continu, mais avec une vitesse qui peut fluctuer) mais il y a de temps en temps des tremblements de terre. L'Etna a la particularité d'avoir différents types de failles, sismiques et asismiques, et la même faille au même endroit peut avoir un comportement différent selon l'état de la chambre magmatique.

Mercredi 07/07

Faille de Mascarello

- On est sur la partie la plus sismique et la plus étrange de l'Etna. On est +/- dans la continuation géométrique de la faille de Santa Tecla, avec un escarpement très similaire (normal et très raide). Graben local.
- Le glissement s'est bloqué pour une raison (e.g. une épaisse coulée de lave), ce qui a causé une accumulation de la contrainte pendant plusieurs années avant la rupture de la faille
- Il y a eu dans cette vallée des datations de roches et autres objets et observation de combien l'escarpement a varié durant l'Holocène depuis la dernière époque glaciaire (quantification du jeu de la faille sur ~6000ans). En effet, la dernière glaciation a érodé et "remis à neuf" les bords ; si on a des objets datables de part et d'autre de la faille, on peut mesurer la différence de hauteur et la différence de temps et en déduire une vitesse.
- On est sur une petite place où des tas de scories ont été balayés. On fait l'hyp que toutes ces cendres sont issues des dernières fontaines (4mois). On mesure la taille de la place -> $13 \times 44\text{m}$ $\sim 570\text{m}^2$; on estime le volume des tas de sable et on compte le nb de tas de sable -> volume de scories $\sim 7\text{m}^3$; $\Rightarrow 7/570 \sim 1\text{ cm}$ d'épaisseur par m^2 en 4 mois à cette distance du volcan. On devrait ainsi pouvoir donner une estimation du volume de cendre émis durant les dernières fontaines ; attention : l'épaisseur diminue avec la distance ; on peut supposer épaisseur proportionnelle à $1/d^2$; hyp retombées sur 400km^2 ; si moy $0.5\text{ cm}/\text{m}^2$ -> 2 millions de m^3

Mercredi 07/07

Ondes internes dans le détroit de Messine

- On regarde vers NNE, vers la Calabre. On voit la mer Ionienne
- Sur la mer on voit des traits en forme d'ondes de lignes de phase : c'est une onde interne : dans le détroit de Messine se rencontrent 2 masses d'eau à l'interface desquelles se propage une onde interne
- Pour que ce phénomène se produise il faut 2 conditions :
 - différence de densité suffisante (ici $\sim 2\text{kg/m}^3$; eau de surface de Gibraltar, moins salée ; eau de fond Méditerranéenne plus salée car évaporation plus importante que l'évaporation)
 - excitation, amplitude initiale (ici donnée par la marée ; la marée n'est pas visible à l'oeil en Méditerranée mais elle produit une excitation suffisante pour créer cette onde interne)
- L'onde de marée de 10cm s'amplifie dans le détroit de Messine et induit une onde interne d'amplitude $\sim 50\text{cm}$ à l'interface. L'onde se propage vers le Sud en raison d'un courant de surface vers le Sud (car eaux de surface : les apports d'eau douce du Rhône etc, au N de la Sicile, vs eaux salées de la Mer Noire au S, donc courant de surface vers le Sud ; ce flux est ce qui fait ressembler la mer Méditerranée à un océan, avec une circulation interne). On peut l'observer sur une période de 6h. On peut visualiser ces ondes avec imagerie satellitaire, interférométrie radar, ...
- Ces ondes sont importantes pour l'océan pour mélanger les masses d'eau et faire remonter les nutriments, car ce sont des ondes donnant un mvt vertical et de période plus courte que les autres ondes donnant un mvt vertical)
- Mais elles sont très mal résolues par les modèles car sont trop rapides, de longueur d'onde trop courte par rapport aux mailles des modèles. Les détroits sont mal représentés de part leur taille ; pourtant ils sont des lieux où les échanges d'eau peuvent être importants

Mercredi 07/07

Miels et éruptions

- Les gaz du volcan forment des aérosols qui tombent et se déposent sur les plantes et les fleurs. Un apiculteur de la région souhaiterait faire des analyses des éléments dans le miel pour voir si on y voit des traces du volcan (on s'attend à des concentrations de ces éléments plus importante sur le versant E que W, dû à la direction du panache). On cherche à voir ainsi comment le volcan s'inscrit dans le socio-écosystème du versant Est de la Sicile ; est-ce que les abeilles changent de comportement, niveau de santé, etc.
- Rq : le panache ne contient pas d'uranium, qui n'est pas volatile ; mais l'uranium se désintègre en éléments dont certains sont volatiles

Mercredi 07/07

Éruptions, sols et climat

- Les sols sont différents sur Ouest, où il y a des sols, des cultures pistachiers etc (contrairement au versant Est sur lequel on est, où on trouve les cendres des éruptions apportées par le vent).
- Avant il y avait aussi de la végétation sur le côté Est. Les éruptions ont changé les flux d'énergie de surface (albédo, évapotranspiration, inertie thermique du sol, etc) et l'hydrologie (sol vs pierre ponce).
- Jusqu'à quelle distance du volcan le climat local a-t-il été changé par les éruptions ?

Mercredi 07/07

Présentations

- Sommaire :
- Fouilles de Megara Hyblaea, _
- Les Grecs dans la Sicile orientale, Salvatore De Vincenz, professeur à l'Université de Viterbo
- Messina Strait Internal Waves, Alexandre Barboni

Mercredi 07/07

Fouilles de Megara Hyblaea

- Megara Hyblaea, Syracuse, etc font partie des plus anciennes colonies grecques occidentales. À cette particularité s'ajoute le fait que Megara est la seule à encore pouvoir être explorée, le site a été entièrement conservé pour les recherches archéologiques, ayant eu la chance de ne pas avoir été recouvert par des bâtiments industriels.
- Le territoire de Megara était sûrement assez limité, au N par __, au S par __ ; c'était un petit territoire et d'une histoire brève car prise rapidement par Syracuse. Megara est "une petite ville à la campagne", une ville de paysans
- Le site est plat, il n'y a pas de montagne ni d'acropole, c'est un plateau calcaire quasi-uniforme.
- Superficie d'environ 60 hectares, c'est à la fois beaucoup (Marseille faisait 50ha) et peu (devant Syracuse) ; petite ville mais relativement étendue.
- Agora archaïque : réseaux C et D, quartier de la ville__ ; quasiment le seul accessible
- Il y avait aussi un village préhistorique Néolithique, mais il n'en reste plus rien aujourd'hui.
- La partie occidentale est structurée N-S, avec des rues parallèles équidistantes ; il y a aussi qqz rues E-W.
- La prospection géophysique et les sondages donnent la structure mais pas de date.
- Megara est caractérisées par une Agora trapézoïdale. L'agora, c'est essentiellement une place, avec 2 temples, des portiques, __
- La stoa Nord est un portique avec 2 phases : - colonnes de bois avec base de pierre, - ____
- L'herôon, à l'angle NW de l'agora, rue C1, était sans doute un sanctuaire, lieu de culte, peut-être le lot primitif de la ville.

Mercredi 07/07

Fouilles de Megara Hyblaea - suite

- Il y a eu plusieurs phases de constructions. La ville archaïque est recouverte par la ville hellénistique -> Q : Comment choisir laquelle mettre en surface pour le visiteur ? - les choix ont été insuffisants selon Salvatore De Vincenz, le travail est peut-être à refaire aujourd'hui ; - et demande de l'entretien (désherbage, etc) ; - il faudrait faire une sauvegarde de la ville hellénistique car avec l'infiltration de l'eau la ville archaïque en dessous se comble ... ; - il y a aussi une façon de montrer "en épaisseur stratigraphique", en mettant en surface des lieux archaïques et d'autres hellénistiques et en expliquant aux visiteurs que la marche n'en était pas une mais témoigne d'une différence d'époques.
- Q Raisons de l'abandon du site ? - la ville a été abandonnée au 6e s. car par l'expansion de Syracuse on a donné les riches à Syracuse et vendu les pauvres en esclavage ; - puis les gens sont revenus, il y a eu une restructuration qui a mené à la construction de la ville hellénistique autour de l'Agora, lieux de culte, par des habitants qui étaient sûrement une partie des anciens. ; - les gens y habitent jusqu'à __ ; => la ville est abandonnée mais peuplée continuellement jusqu'à l'époque byzantine environ, puis est vraiment abandonnée. Les zones côtières non cultivées sont propices à la malaria.
- La ville médiévale de Augusta est construite par Frédéric 2 à partir notamment de pierres de Megara. Le sol de Megara est très riche, il y a eu une importante culture de canne à sucre.
- Il y a eu sûrement des tremblements de terre mais on n'en trouve pas trace dans les fouilles.
- Q Et le port ? Il est peu connu. C'était un petit port par rapport à Syracuse mais on pouvait y mettre des bateaux à l'abri ; on a des éléments (photos aériennes, __) d'immenses digues qui font penser à un grand port peut-être pour protéger. Les tempêtes étaient sûrement bien plus violentes qu'auj. C'est un programme de recherche qui dors encore dans les tiroirs.
- Q de la dépression centrale : C'était un port, mais malheureusement ouvert à l'Est donc fragile. Un géologue a fait des carottages et a trouvé qu'il n'y a pas eu de sable suffisant pour que ce soit alluvial __
- Q __ Augusta : __ C'est un site assez vide, probablement pas habitable, il n'y a pas de remontée d'eau (contrairement à Megara, calcaire sur marne + nappes, riche en eau, avec quasiment un puit par maison + des sources) __

Mercredi 07/07

Messina Strait Internal Waves

- Le détroit de Messine est très étroit (~ 3 km) et peu profond (~ 100 m). Ondes internes sous excitation de la marée (mais pas à la même fréquence que la marée) ; c'est une onde interne gravitaire, de longueur d'onde et de relation de dispersion celles des ondes gravitaires
- Le mvt vertical de l'interface induit : - à fine échelle : de la turbulence ; - des remontées d'eau profonde chargées en nutriments
- L'analogie classique : le ressaut hydraulique.
- The Mediterranean Water closure problem : Si on fait la moyenne annuelle du Déficit = Evap - Precip - Runoff, il manque ~ 0.5 à 1 m par an ; cela signifie que si la Méditerranée était un bol parfait, le niveau baisserait de 1 m par an. Ce n'est pas le cas aujourd'hui : il y a une compensation par flux d'eau au détroit de Gibraltar. Mais il y a eu dans le passé des temps où la Méditerranée s'est fermée ; dans une Méditerranée fermée il faut $\sim 10^6$ Ma pour évaporer toute l'eau : ce n'est rien devant l'échelle des temps géologiques, on a le temps de faire ainsi tout le gypse que l'on veut.
- La Méditerranée est constituée de plusieurs bassins, connectés par des détroits, passages resserrés et peu profonds.
- On trouve des ondes internes dans les détroits de Gibraltar, Messine, Bosphor, etc ; ce sont des lieux de double flux au contraire des fleuves..
- Rq1: On a aussi des ondes internes entre Taïwan et Lousonne (> 10 km) ; Rq2 : Phénomène d'eau morte : les ondes internes gênent la navigation car c'est comme un deuxième sillage à briser pour avancer.
- On peut observer les ondes internes avec les données Sentinelles (EO Browser) (radar, visible, IR, T et couleur de l'océan, composants chimiques dans l'atm.) ; - dans le visible : on voit les ondes à la surface ; - IR : on peut voir les éruptions de l'Etna ; - si on regarde la vallée de la Roya (un des fleuves qui descend directement du Mercantour) en oct 2020 (grosse tempête), en comparant 2 images (avant et après la tempête) on peut cartographier, comparer, surveiller l'évolution de la végétation sur une échelle de qq jours (résolution de qq jours pour ces données) => ces images satellites sont un outils très efficace, surtout pour les pays qui ont peu de moyens, pour surveiller la déforestation, ou pour surveiller l'activité volcanique des îles Sandwich, l'océan, etc)



Jeudi 08/07

Jardin botanique et présentations

Jeudi 08/07

Jardin botanique

- Né il ya 40ans par un accord entre l'université de Catane et l'organisation forestière de la Sicile ; collaboration toujours très prolifique
- But : conservation de la biodiversité, éducation des personnes et étudiants qui y viennent, recherche scientifique
- Superficie : grande car il y a à la fois des plantes de l'Etna et d'autres plantes cultivées dans les régions de l'Etna
- Le refuge devant lequel on était au début de la visite contient livre, instruments et réserves d'eau

Jeudi 08/07

Présentations

- Sommaire :
- Sicile : Noms, Mythes et Dates, Anca Dan
- Au dessous du volcan, Luca Terray
- Histoire médiévale de la Sicile, Titouan Robinson
- Éruption du 06/07/2021 juillet au soir : ce que mesure un instrument, Philippe Danré

Jeudi 08/07

Sicile : Noms, Mythes et Dates

- 1) La Sicile est la plus grande île de la Méditerranée et a été au centre de la Méditerranée
- 2) La Sicile est une terre de mythes et d'histoire.
- Trimacria : c'est ainsi qu'était appelée la Sicile dans __, ce nom signifie "3 promontoires" et est dû à la forme triangulaire de la Sicile
- Homère a fait une beuverie avec le Cyclope (métaphore du sauvage) dans cette île
- Le Soleil symbole de la Sicile. Les boeufs sacrés. Héraclès; un lien spécial vers l'au-delà de part sa position
- Plusieurs peuples dans la Sicile :
 - Les Sicanes semblent avoir été les 1ers maîtres de la Sicile de la période historique (i.e. à partir du moment où on a des traces écrites). Il y a des grecs qui disent que c'est un peuple autochtone, d'autres qui disent que ce sont des migrants venus d'W en E. Les Sicanes ont créé une civilisation d'influence Minoène (Grèce); e.g. Thapsos.
 - Les Sicules sont un peuple venu d'Italie (Naples etc) ; ont fondé par exemple Pantalica ; à l'époque classique les Sicules amorcent un mvt de résistance face à certains grecs.

Jeudi 08/07

Sicile : Noms, Mythes et Dates

- Timeline :
 - Néolithique : sédentarisation, villages ; correspond +/- avec l'Holocène ; dès la fin du néolithique : sanctuaires
 - Âge du Bronze : IIe millénaire av JC ; Thapsos, Pantalica
 - époques des Grecs : Syracuse ; archaïque - classique - hellénistique
 - Carthaginois
 - Romains : prennent Carthage etc
 - —
 - Byzantins ; la Sicile est un pont vers l'Afrique
 - Arabes

Jeudi 08/07

Sicile : Noms, Mythes et Dates

- Les Grecs : un peuple de mer ; il y a plusieurs Grecs ; ces peuples avaient une langue quasi-identique et des mythes similaires. La Grèce est une terre pauvre et sans ressources minérales ; elle subit des sécheresses, est peuplée mais avec peu de place -> une partie des Grecs ont écouté les oracles et sont partis ailleurs (migrations), où leur dictait l'oracle
 - 1ère colonisation (attention, avec un sens différent de la colonisation moderne ; quand on partait c'était pour toujours, et on fondait des villes semblables à celles où on vivait) : Ioniens, venant d'Athènes, Calcice ; fondent Katane, etc ; C'est en Ionie que la science est née : les Ioniens pensaient que pas tout est dû aux dieux, qu'il y a des phénomènes de la nature, qu'il faut réfléchir ; Grande littérature de l'époque archaïque ; démocratie
 - Colonies Doriennes : du Sud de la mer Égée, du Péloponnèse, Corinthe ; fondent Syracuse (par les Corinthiens) et megara Hyblaea (de Megare) ; guerriers, spartiates.
 - Phoeniciens : c'est un nom grec mais ne se référant à aucune civilisation particulière ; puniques : nom que l'on leur donne à Carthage
- Rq1 : Il n'y avait pas de carte sur les bateaux de l'Antiquité ; la couleur de la mer indiquait sa profondeur, on se repérait avec les étoiles, l'odeur de la mer, etc.
- Rq2 : une ville = avec un plan, organisée (temples, terres, habitations, terres agricoles, tours pour surveiller, etc)
- Syracuse a eu une tendance expansionniste ; elle a pris Catane ; c'est une grande puissance qui a tenu tête à Carthage.

Jeudi 08/07

Au dessous du volcan

- L'Etna et les volcans d'Hawaï ont des laves basaltiques, assez peu différenciées.
- Il y a (un continuum entre) 2 morphologies des roches/coulées de lave possibles pour un même volcan, en fonction de la température, de la pente, ... (Rq : il y a bien une corrélation entre composition et viscosité : + visqueux <-> éruptions explosives <-> + riche en silice ; mais sur le même volcan les facteurs qui varient le plus sont la T et la pente plus que la composition) :
 - AA : la lave très visqueuse se disloque en blocs à sa surface ; ce sont les principales coulées de l'Etna ; elles se produisent à T faible et/ou forte pente
 - Paihuehue ("païoïoï") : la lave peu visqueuse s'écoule et se plisse pour s'adapter à la topographie.
- Les tunnels de lave : Une coulée de lave (~1000-1100°C) qui s'écoule au voisinage d'une atmosphère plus froide se refroidit sur ses bords -> une coque se solidifie. Si le débit de lave diminue, le niveau de lave dans la coque diminue -> une cavité, un tunnel, se forme.
- Lucarnes et regards : à certains endroits, il y a des parties du toit qui se sont effondrées.
- Routes souterraines : Lorsque la lave s'écoule dans un tunnel, elle peut s'écouler en restant fluide très longtemps car elle se refroidit beaucoup moins. Sur l'Etna les pentes sont fortes donc il n'y a pas de tunnel très importants, contrairement à Hawaï.
- Banquettes et sections : il peut y avoir variations de la section dû à des variations du niveau suite à des variations de débit.
- Concrétions : stalagmites et stalagmites de lave ; elles se forment rapidement, à la différence de celles des grottes karstiques (milliers d'années).
- On ira demain à la Grotta dell Gelo (L=125m, l=10m, h=5m), elle contient de la glace en permanence car c'est un piège à froid : elle peut contenir de la neige et la garder froide très longtemps.
- Les tunnels de lave ne sont pas les seules origines de grottes que l'on peut trouver sur les volcans : il y a aussi des grottes en plissures éruptives : à la suite des éruptions, le magma peut parfois se retirer entièrement des cônes qui se forment pendant les éruption (e.g. parce qu'il se rétracte beaucoup), ce qui forme des cavités dans lesquelles on peut entrer, des grottes.
- Et sur la Lune ? Cratère Marius : Marius Hill est un bombement lié à une éruption. On voit aussi sur la Lune des alignements de topographie, que l'on interprète comme des tunnels de lave effondrés sur lui-même. => Sur Terre les tunnels de lave sont rares, mais peut-être que c'est une structure dominante de la Lune, Mars et dans le syst. solaire. Les agences spatiales s'intéressent aux tunnels de lave car ils forment des cavités protégées des UV, et envisagent d'y mettre cloches et villes pour les missions. L'observation des anomalies de gravité devrait permettre de voir si ce sont bien des tunnels de lave

Jeudi 08/07

Histoire médiévale de la Sicile

- Timeline :
 - Période byzantine : 533-827 : Au 6e s., après séparation entre empire romain d'orient (byzantin) et d'occident, l'île est conquise par les Byzantins qui partent reconquérir l'occident dans l'ambition de restaurer un grand empire
 - Période musulmane : 827-1051 : l'île est conquise par les Arabes suite à l'expansion musulmane, l'Égire
 - Période normande : 1051-1194 : de petites expéditions normandes arrivent dans le Sud de l'Italie pour espérer obtenir une terre ; une famille (Hauteville) réussit particulièrement bien son expédition et obtient la Calabre puis décide de continuer sa conquête jusqu'à la Sicile ; on en retrouve aujourd'hui des mélanges architecturaux arabo-normands ; avec les fiefs et héritages, la Sicile entre dans le St Empire Germanique ; naissance du futur empereur Frédéric 2
 - Période Frédéric 2 : 1194-1250 : Frédéric 2 est un empereur important ; lettré ; il mène une croisade pacifique et obtient ___ par la négociation ; mais il a un conflit avec le pape qui l'excommunie plusieurs fois parce qu'il est empereur ; à sa mort il y a des problèmes de successions car il a de nombreux fils et bâtards ; son bâtard préféré se proclame roi de Sicile
 - Période angevine : 1250-1302 : Le pape cherche un allié pour conquérir la Sicile et avoir un royaume ami à côté de Rome ; on est à l'époque de Saint Louis ; le pape choisit le duc d'Anjou ; les angevins s'endettent alors pour armer des bateaux et conquièrent la Sicile
 - Période aragonaise : 1302-1516 : les Vêpres Siciliennes marquent un point de rupture important en ___ : on passe de la domination angevine à la domination aragonaise car Pierre d'Aragon revendique le titre de roi par mariage ; massacre, complot, révolte sont menés pour chasser les français de la Sicile ; Aragon domine la zone jusqu'au XVIe s.
- Les documents d'archives de la Sicile sont dispersés : il y en a à Marseille/Provence, Naples (avec un gros trou problématique causé par l'incendie des archives pendant la 2GM), Palerme.

Jeudi 08/07

Éruption du 06/07/2021 juillet au soir : ce que mesure un instrument

- Un sismomètre enregistre la vitesse du sol dans les 3 dimensions : verticale, N-S, E-W ; on peut obtenir le déplacement (utile pour les mvts lents des plaques tectoniques et mesurable préférentiellement par GPS) ou l'accélération (de laquelle dépendent les dommages aux bâtiments, et intéressante aussi en cas de forts mvts proches e.g. proche d'une faille) en intégrant ou dérivant.
- L'instrument communique ses données à un serveur via un câble ethernet ; on peut ainsi accéder à ces enregistrements sur le site (raspberry shake).
- Pour vérifier la composante verticale, on saute à côté du sismomètre -> on doit voir un pic, et on frotte à côté -> on ne doit rien voir se passer.
- Le sismomètre que l'on a sous les yeux comporte notamment une carte imprimée (raspberry pic), un branchement ethernet et une masse ainsi qu'une bobine et un aimant car c'est un sismomètre à induction.
- Qu'est-ce que les tremores volcaniques ?
 - Les séismes proches ont un contenu en haute fréquence, on voit les arrivées des ondes P puis S, suivies de la décroissance caractéristique des ondes de surface.
 - Au contraire, les tremores n'ont pas d'arrivées d'ondes distinctes, c'est un bruit basse fréquence, un gargouilli. Ce contenu en basses fréquences est dû aux gaz, explosions, effondrements, etc

Jeudi 08/07

Carte géologique de Catane

- Pointillés bleus : mur médiéval
- Orange : coulées qui ont coulé jusqu'à la mer et ont cassé le mur au niveau du monastère des Bénédictins
- Couleurs pâles : base sédimentaire

Jeudi 08/07

Éruption

- Principaux gaz du panache : vapeur d'eau (H₂O), dioxyde de carbone (CO₂) et dioxyde de soufre (SO₂)
- Pour mesurer les quantités des différents gaz, le plus simple est de faire une TIR : transformée de Fourier infrarouge, avec comme source IR les laves incandescentes
- La hauteur des projectiles dépend de la pression des gaz, de leur débit
- Pour estimer la profondeur de formation de la lave, du magma, on peut calculer les rapports CO₂/SO₂ par exemple : en effet celui-ci dépend de la profondeur car les deux gaz n'ont pas la même solubilité



Vendredi 09/07

Grottes volcaniques

Vendredi 09/07

GPS dynamiques et statiques

- GPS dynamique : on prend 4 récepteurs GNSS que l'on va faire circuler dans le réseau (dense) de l'INGV. La partie fixe est assurée par le réseau de l'INGV et par un de nos récepteurs que l'on a fixé. On emporte 3 récepteurs mobiles ; on a fait un parcours et des arrêts de 6 minutes tous aux mêmes endroits comme fait chaque année.
- Partie statique : des arrêts de 6 minutes tous aux mêmes endroits, marqués sur les roches (choisis de sorte à être assez fixes pour être les mêmes chaque année) -> répétabilité entre les groupes; 6min peut être suffisant pour avoir des précisions cm ; Les trajectoires des satellites sont bien connues mais il y a des petites déviations -> pour avoir une grande précision de position il faut faire une longue acquisition (e.g. pour une précision mm il faut ~6h d'acquisition)
- Partie dynamique : on se promène avec les récepteurs
- Précautions à prendre pour avoir de bonnes mesures : il faut toujours tenir le récepteur bien droit et prendre garde de ne pas faire d'ombre à l'antenne (sinon la communication est coupée). À chaque point d'arrêt, il faut poser le récepteur à l'horizontale et à même la marque (pour ne pas induire de différence d'altitude) en orientant sa marque vers le Nord à l'aide d'une boussole.
- Les mesures que l'on fait peuvent vraiment servir à l'étude de l'Etna donc il faut faire un travail sérieux. Lors de l'éruption de ____, il y a eu un fort gradient de vitesse dans une partie des points (de la faille Pernicane) -> si l'expédition 2018 et la notre avons fait de bonnes mesures, on devrait voir des vecteurs déplacement. Il n'y a que ENS@Etna qui prend les mesures à ces points, il n'y a pas vraiment d'autres mesures de ce type, elles peuvent permettre de comprendre le volcan, mais elles n'auront un véritable intérêt que dans 20-30ans lorsque la série temporelle sera suffisamment longue.

Vendredi 09/07

Discussions

- Grèce : tectonique active et les failles affleurent (\neq Italie où cela est rare) car pas de couverture sédimentaire
- On marche sur des coulées de 2002 ; point de sortie de la coulée : sur la ligne de crête devant nous ; des maisons ont été enfouies sous la lave car très grand débit, très rapide

Vendredi 09/07

Phénomènes météorologiques

- -> l'Etna crée une petite circulation à son échelle
-

Vendredi 09/07

La “boutonnière”

- On est sur le versant Nord, dans la zone de rift N_-S_
- En 2002 s’est produite une énorme éruption de l’Etna ; de nombreux cratères se sont ouverts ainsi qu’une fissure de plusieurs centaines de mètres d’ouverture.
- “La boutonnière” est le nom que l’on donne à l’enfilement de cratères issus de cette éruption, alignés dans cette direction.

Vendredi 09/07

Grotta dell gelo

- Il y a de la glace ! Elle entre en hiver par l'entrée, face à la pente topographique. Il y a sur l'Etna des grottes sans neige permanente bien que situées plus haut en altitude. Mais la grotta dell gelo n'a qu'une seule entrée -> peu de circulation d'air (sauf en hiver où il y fait plus chaud que dehors (-> convection)) -> piège à froid
- Auj il y a tout de même peu de glace : avant 1981, il y avait des colonnes de glace de ~50cm de diamètre. C'est l'éruption de 81 qui a modifié l'équilibre thermique de la cavité.
- On voit de stalagmites de glace : elles sont dues à l'infiltration de l'eau dans la roche volcanique poreuse
- La section descend fortement car la topographie aussi : on est bien dans une coulée, qui suit la topographie
- Les blocs au sol sont tombés du plafond ; ces environnements sont instables à l'échelle de qq années ; on estime à ~80 blocs en 40ans, donc de l'ordre de qq blocs par an

Vendredi 09/07

Discussions

- INGV : utilisent surtout des instruments fixes : - GPS statique sur ~8jours - inclinomètres avec une précision de 0.1 rad (1mm/km) - ... ;ils font des acquisitions longue durée puis des inversions pour remonter à l'état de la chambre magmatique (pression surtout)
- Magma et nappes phréatiques : - il y a bcp d'eau dans un édifice volcanique (c'est comme une grosse éponge) - l'eau s'infiltré par le haut, ruisselle et se localise en nappe phréatique entre roches volcaniques et sédimentaires - nappes surtout autour de l'Etna - le plus gros risque dans une éruption : si le magma rencontre la nappe, l'eau va devenir vapeur et la pression va devenir très forte -> explosif

Vendredi 09/07

Tunnel de lave

- On voit des stalagmites de refusion
- La forme (avec un boudin à mi-hauteur tout le long des deux côtés) est due à des variations du débit de lave

A person in a red jacket stands on a mountain ridge at sunrise. The sun is low on the horizon, creating a soft glow. In the foreground, a white tent is partially visible. The background shows rolling hills and a clear sky.

Samedi 10/07

Lever de soleil et présentations

Samedi 10/07

Piano dell'lego

- On est à 2-3km du cratère du SE (sommet : 3300m, hauteur du cône : 300-400m), à 2800m d'altitude
- Forme à 2 bosses du cratère du SE : un ancien cratère (le pic le plus bas) et le nouveau (depuis l'activité récente des fontaines de lave depuis fev 2002). Le cratère du SE s'est foré en 1971 et surtout actif depuis 1978.
- Petits monts alignés lorsque la zone de rift s'est ouverte (2001, 2002, 2003)
- Les cratères sont rougeâtres : cela est dû à l'altération par les gaz (surtout vapeur d'eau et un peu de CO₂) qui remontent par les zones fracturées du rift (propices à des remontées de gaz).
- Quel est le devenir du cratère du SE ? plusieurs possibilités : - érosion - effondrement - peut s'ouvrir sur le côté ; (plus le volcan est haut, plus il faut d'énergie pour que la lave sorte et plus c'est lourd donc peut s'effondrer)
- Panache : - On voit le panache de la Boca Nova. - Un panache de taille plus importante ne signifie pas forcément un débit plus important, c'est parfois seulement dû à la météo. - On peut regarder le panache dans l'UV pour estimer la qté de SO₂ (Beer-Lambert), et mesurer la vitesse du vent et sa direction pour obtenir un flux de SO₂ et remonter au débit.

Samedi 10/07

Présentations

- Sommaire :
- Méthodes géophysiques en archéologie, Anca Dan
- Poème Etna, Anca Dan
- Signature météorologique de l'Etna, Alexandre Barboni

Samedi 10/07

Méthodes géophysiques en archéologie

- Anca travaille sur plusieurs chantiers de fouille, elle travaille sur l'histoire de la géographie ; elle traduit des textes géographiques en tenant compte des auteurs et du contexte, elle traduit les textes dans le paysage de l'époque.
- La géoarchéologie, c'est : - comment était la nature avant l'homme, - et comment l'homme a modifié la nature et inversement comment les catastrophes naturelles etc ont impacté les hommes et leurs façons de vivre.
- Il y a 2 grandes catégories de donnée : - géophysiques, - archéologiques. Le jeu est de les coordonner, de les faire dialoguer
- Comment prépare le terrain lorsqu'on fait une fouille ?
 - 1) trouver toutes les cartes qui existent : géographiques, géologiques, satellite, radar, ...
 - 2) coordonner les équipes : __, géomorphologues vont effectuer des carottages, ... On commence par la géophysique pour voir les différentes couches avant de creuser.
 - 3) confronter avec les découvertes archéologiques

Samedi 10/07

Méthodes géophysiques en archéologie

- **Géoélectrique** : on plante deux électrodes et on met de l'eau pour avoir que le contact électrique entre la roche et les électrodes soit tout à fait bon (c'est très important pour ne pas fausser la mesure de conductivité) ; on image ainsi les différences de résistivité du sol dans lequel se propage l'onde électrique. Ce qui fait varier la résistivité : - la quantité d'eau qu'elle peut contenir, - sa composition (types d'ions). La géoélectrique est très utilisée sur les volcans, notamment pour voir les fluides hydrothermaux. On utilise un signal continu ou alternatif, auquel cas l'épaisseur de peau (profondeur de pénétration du signal) dépend de la fréquence. Dans le cas de l'archéologie, profondeur de 10-20m (e.g. imager le comblement d'un ancien détroit entre deux îles et le dater par forage). Rq : S'il y a un milieu très conducteur à une certaine profondeur, tout ce qu'il y a en dessous est masqué.
- **Géomagnétique** : on se promène avec un chariot (en prenant garde de ne pas avoir d'objets magnétiques à proximité) qui enregistre les variations du champ magnétique. La géomagnétique image seulement la surface.
- **Tomographie d'un tumulus** (chambre funéraire, palais enterré en terre très compacte très peu érodée, ~50-100m de haut) par réfraction sismique (on envoie des ondes à différents endroits et on voit ce qui revient, ce qui image l'intérieur). Résultats très compliqués, peu concluants car le tumulus était très grand, on n'a pas trouvé la chambre pour l'instant.
- **LIDAR** : ondes lumineuses (contrairement au radar, ondes acoustiques ; et pas la même résolution spatiale).

Samedi 10/07

Méthodes géophysiques en archéologie

- Ensuite, lorsque l'on a effectué des mesures géophysiques, on les confronte aux résultats géomorphologiques : carottages sédimentaire ; surtout à l'embouchure des fleuves
 - On cherche l'origine des sédiments (alluvions de fleuves, lacustres, terrigènes, terrestres, marins) et on fait des datations (C14 surtout sur le bois (très bonne estimation) ou plantes, sinon sur des coquillages mais il y a une erreur à corriger). Rq : les carottes à proximité de failles (e.g. faille Nord-Anatolienne ici, très active) peuvent présenter des turbidites. On peut aussi voir les cendres des éruptions volcaniques dans les carottes.
 - On regarde les trace de macro et microfaune (paléobiologie), qui renseignent sur l'environnement et sa dynamique, surtout les ostropodes, très sensibles aux différences de salinité. On peut aussi faire de la paléomédecine : par les parasites fossiles, les paléobiologues remontent aux animaux qui étaient élevés. Par exemple il y a eu des carottages dans les Alpes pour voir si on retrouvait bien des parasites du général carthaginois Hannibal.
 - On regarde aussi les pollens -> quelle végétation et quelle abondance. Par exemple on a ainsi pu remonter à l'installation/expansion de l'olivier en Méditerranée, importé par les Grecs qui n'utilisaient pas de graisse animale.
 - On trouve dans les carottes un pic de charbon correspondant à l'arrivée des grecs ; c'est parce qu'ils ont fait de grandes déforestations et multiplié les villes ; le pic maximal est atteint sous l'Empire romain avec le chauffage des thermes.

Samedi 10/07

Méthodes géophysiques en archéologie

- Ensuite, lorsque l'on a effectué des mesures géophysiques, on les confronte aux résultats géomorphologiques : carottages sédimentaire ; surtout à l'embouchure des fleuves
 - On cherche l'origine des sédiments (alluvions de fleuves, lacustres, terrigènes, terrestres, marins) et on fait des datations (C14 surtout sur le bois (très bonne estimation) ou plantes, sinon sur des coquillages mais il y a une erreur à corriger). Rq : les carottes à proximité de failles (e.g. faille Nord-Anatolienne ici, très active) peuvent présenter des turbidites. On peut aussi voir les cendres des éruptions volcaniques dans les carottes.
 - On regarde les trace de macro et microfaune (paléobiologie), qui renseignent sur l'environnement et sa dynamique, surtout les ostropodes, très sensibles aux différences de salinité. On peut aussi faire de la paléomédecine : par les parasites fossiles, les paléobiologues remontent aux animaux qui étaient élevés. Par exemple il y a eu des carottages dans les Alpes pour voir si on retrouvait bien des parasites du général carthaginois Hannibal.
 - On regarde aussi les pollens -> quelle végétation et quelle abondance. Par exemple on a ainsi pu remonter à l'installation/expansion de l'olivier en Méditerranée, importé par les Grecs qui n'utilisaient pas de graisse animale.
 - On trouve dans les carottes un pic de charbon correspondant à l'arrivée des grecs ; c'est parce qu'ils ont fait de grandes déforestations et construit des villes ; le pic maximal est atteint sous l'Empire romain avec le chauffage des thermes.
- On peut étudier des sites engloutis (sites Néolithiques qui étaient au bord de la mer, sites qui se sont enfoncés par subsidence du delta (tassement des alluvions) ou par subsidence tectonique, ... ; e.g. Alexandrie est en grande partie sous l'eau) ou des sites instables suite à des inondations. (Rq: les sites les plus anciens que l'on puisse trouver datent du Néolithique car avant les humains étaient des chasseur-cueilleurs).
- On peut aussi voir les pollutions aux métaux à différentes époques (e.g. canalisations romaines en plomb, couverts dorés à l'argent, etc).

Samedi 10/07

Poème Etna (résumé de notes)

- Il s'agit d'un poème scientifique du 1^e s. av JC qui témoigne de comment les hommes voyaient l'Etna il y a 2000ans. Avant ,on expliquait les éruptions par des légendes et la mythologie se propageait en variantes. Mais ce poème montre qu'au 1^e s. av JC on savait que cela n'était que légende, qu'il n'y avait pas quelqu'un qui faisait du feu dans le volcan ; on observait/écoutait/... et essayait d'expliquer les éruptions autrement que par les divinité. L'auteur pensait que c'était le vent qui circulait dans des cavités de la Terre, faisaient voler les cendres et faisait du bruit comme dans un siphon en poussant le feu. Les intervalles de temps entre les éruptions ne seraient plus dus au repos du volcan mais à des éboulements qui bouchent les conduits, et l'éruption repart quand les vents poussent assez fort pour réouvrir la cavité.
- Rq : Les Grecs ont encouragé l'empirisme, depuis Pythagore, c'est leur innovation depuis le 6^e s. av JC. Leur différence avec les autres peuples (tous observaient et tenaient des archives) était de faire des comparaison et analogies, de réfléchir et de faire des hypothèses.
- (Pour plus de détails cf carnet de terrain, c'est bien écrit)

Samedi 10/07

Signature météorologique de l'Etna

- Revenons sur ce que l'on a vu hier en regardant le cratère du SE vers le Sud en face de la vallée dell Bove.
- On s'intéresse aux phénomènes météorologiques induits par le volcan, qui est volumineux.
- Si on regarde les précipitations moyennes sur plusieurs années, on remarque qu'elles sont bien plus abondantes à l'Est du volcan.
- Le matin vers 8-9h, proche du sol l'air vient de la mer Ionienne en entre dans les terres par l'Est par brise de mer, tandis que le vent en altitude vient de l'Ouest. On a donc un cisaillement de vent en altitude. On pouvait le visualiser par les fumées des feux. (cf schéma).
- La neige ne fait pas de différence entre Est et Ouest, c'est seulement l'altitude qui compte ; sauf sur les coulées récentes encore chaudes, même si le basaltes est un mauvais conducteur thermique.

Dimanche 11/07

Augusta - premières explications

- raffineries de pétrole ; ville fondée par Frédérique 2 ; zone anthropisée depuis l'Antiquité ; avant c'était une presqu'île, auj c'est une île dû au creusement de l'isthme par Frédérique 2 ;
- Pendant le tremblement de terre de 1993, la deuxième secousse, plus forte que la première, a fait exploser de la poudre. Cet accident témoigne de la forte activité sismique de la zone et de la problématique des zones industrielles sur terrain sismique.
- Hangar à dirigeables construit pendant la 1GM ; vocation à site militaire ; débarquement américains en 1943 (le 1e en Europe)
- 1949 : début de l'histoire industrielle
- 2 ports : - port de la rade, industriel/pétrolier ; - port commercial, jamais vraiment utilisé -> dynamiques de pouvoir
- Il y avait 8 salines, 1 seule a été aménagée. La production de sel a été arrêté car le sel y est très contaminé par la pollution industrielle.
- Entre Augusta et Priollo : très industrialisé, usines pétrochimiques ; décharges illégales ; gros pbms de pollution en Sicile du Sud ; terrain de foot fermé depuis les année 200 car pollution par pyrite industrielle ; Plus vers Catane : territoire le plus militarisé
- Thapsos : Nord très pollué, au Sud les gens se baignent

Dimanche 11/07

Explications près des salines

- On voit : des raffineries de pétrole, de grands complexes multi-marques, un tas de sites abandonnés, des petites usines de sous-traitance.
- Histoire de l'industrialisation :
 - En 1949, fin de la guerre ; niveau de pauvreté, travail ~ féodal ; naissance de la république italienne ; 'besoin' de pétrole dans le monde ; un gd __ achète une usine, la démonte, la transporte en bateau et vient l'installer ici : c'est le début du développement de la pétrochimie dans la région.
 - Pourquoi ici ? - Géographiquement : situé entre le détroit de Gibraltar, où passe le commerce, et les pays producteurs de pétrole - port militaire en eaux profonde déjà présent - Présence d'eau douce (zones humides, salines, nappes phréatiques), très importante pour la pétrochimie - Socio-économiquement, les habitants étaient content de voir arriver des salaires fixes pour un travail moins long que l'agriculture -> bénéfique pour les populations locales au début ... mais auj contre-coût important
 - Il y a aussi une construction hydroélectrique
 - À Priollo, une usine forme du brome à partir de l'eau de mer ; une usine de matériaux de construction à partir de magnésium a été abandonnée ; vers Syracuse il y a une usine de béton, et une usine d'amiante dont on ne sait pas ce qu'ils ont fait de leurs déchets pendant 40ans (aucune archive, aucune traçabilité (archéologie industrielle))
- Modalités de l'industrialisation : ça a été une industrialisation colonialiste ; les usines ont profité d'une liberté absolue du point de vue des réglementations, soit parce qu'il n'y avait pas de lois ou soit parce qu'elles les détournaient impunément. Cela a résulté en des déchets partout et des écoles et collèges fermés pour cause de pollution (amiante etc). Il y a de gros problèmes de pollution de la rade au mercure (encore plus qu'à Milamata, ville de pêche au Japon, qui avait subit une intoxication aigüe au mercure par consommation de poissons intoxiqués) ; un phénomène exceptionnel s'y produit : il y a tellement de Hg dans l'eau que (les sédiments du fond se dissolvent (?) et que) du Hg s'évapore même dans l'atmosphère avec l'eau. Auj un projet d'usine à gaz liquide est controversé pour cause d'activité sismique et de proximité avec les usines industrielles.

Dimanche 11/07

Présentation d'Ewa sur le fonctionnement artisanal et traditionnel des salines en Méditerranée

- À quoi ça sert ? Les salines servent à produire du sel sur le littoral, ce qui était utile pour conserver le poisson et la viande ; le sel était surtout utilisé comme agent de conservation et les salines se développaient souvent en parallèle de pêcheries. La production des salines a baissé à partir des années 50 lorsque de nouveaux agents de conservations ont été utilisés.
- Comment récupérer du sel à partir d'une eau pourtant peu salée ? Il y a souvent 3 bassins, de sorte à pouvoir récolter tous les jours et avoir un bon rendement ; mais c'est toujours le même processus qui est à l'oeuvre : évaporation sous l'effet du soleil et du vent. C'est donc très compartimenté : 1) bassin de conservation : l'eau y monte par la marée aidée nécessaire par des moulins à vent, à pieds ou à mules ; l'eau y devient de plus en plus saumâtre ; 2) bassin de saturation, la concentration devient suffisante pour passer au 3) bassin de cristallisation : ce sont des tables saumâtres où on met une très faible épaisseur d'eau, leur taille est construite selon la taille des râtaux
- Histoire de l'utilisation du sel : On utilise dès le Néolithique du sel ramassé sur le littoral, naturellement évaporé par le soleil et le vent. C'est à partir du 8e s. en Méditerranée que sont construites des salines. La production de sel coûte cher et vaut cher, et les souverains de l'époque ont su l'exploiter. L'impulsion vient parfois du pouvoir central, par le souverain, pour donner une impulsion au village. Il y avait parfois des gestions communes (jusqu'à 90 salines avant les digues).

Dimanche 11/07

Site archéologique de Megara Hyblaea

- Cité fondée au 8e s. av JC par les Grecs venant de Megara, qui y faisaient du commerce. Les grecs s'y sont installés à côté des indigènes. La ville a été détruite et reconstruite plusieurs fois, à cause de prises par Syracuse.
- On voit un style de construction grec, sans aucun mortier et fonctionnant par encastrement (comme des légos). (Le mortier fut utilisé à l'époque hellénistique puis romaine ; il y avait alors moins besoin d'un taillage parfait.) Le matériau de construction est essentiellement un calcaire venant des Hyblées.
- Datation : - idéalement : par la monnaie, sur laquelle figure la date - par le style d'architecture et de gravure de la pierre, on remonte à l'archonte, dont on connaît l'époque - la céramique marque sa provenance de part sa composition - le C14 permet de dater des matériaux organiques seulement (pois, restes de plantes, coquillages, etc) avec une précision de 20 à 100ans (dépendant des époques car de l'état de l'atmosphère), le réservoir de C14 est l'atmosphère, on date la mort du tissu - datation de tuiles par thermoluminescence : certains minéraux accumulent dans leur réseau cristallin de l'énergie issue de radioactivité interne -> en mesurant la radioactivité et l'énergie accumulée (en le chauffant à une certaine température, on fait un 'reset', il suffit de mesurer l'émission pendant ce temps), on remonte au taux d'accumulation de cette énergie et on eut savoir depuis combien de temps il relargue cette énergie (c'est un calcul de Temps ~ (Taille du réservoir) / Débit) ; comme ce sont des isotopes cosmogéniques qui en sont responsables, ce qui est ainsi daté est le temps depuis lequel l'objet est à l'abri de l'atmosphère.
- On voit les restes d'un temple dorique (d'après la forme des colonnes) du 3e s. avec décoration ionienne. Les trous dans les pièces de pierre étaient faites pour y passer les piquets de plomb (rappel : pas de mortier). On ne le voit plus auj mais les décorations étaient peintes avec des peintures d'origine argileuse.
- On a cherché le mur d'enceinte, pour voir comment les gens se protégeaient, mais on ne l'a pas vu. De plus les fortifications montrent la puissance de la ville.
- Megara Hyblaea était une ville très étendue, il y a encore bcp de choses sous la prairie alentour. - "L'archéologie détruit", les objets s'abîment au contact de l'air ; c'est pourquoi on préfère auj la prospection géophysique ; il y a un vrai débat entre recouvrir ou découvrir et conserver les résultats par moulages etc ; c'est même un pbm éthique : ai-je le droit en tant qu'archéologue d'ouvrir une tranchée qui va montrer au public du patrimoine ancien mais qui va le dégrader en 10-20 ans ? - La difficulté lorsqu'on creuse puis que l'on recouvre est que l'on perd la datation. De même, quand on creuse vers un mur, il ne faut jamais dégager le long de ses bords mais perpendiculairement au mur. - Ce qui est important est le contexte, mais l'archéologie le détruit (stratigraphie etc) le plus souvent ; il faut donc que l'archéologue effectue un travail minutieux et communique les données qu'il a enregistrées, sinon elles meurent avec lui. - On utilise de plus en plus des méthodes géophysiques, non destructrices, puis des techniques microdestructrices (petites fouilles très localisées)
- Ces sites montrent que les migrations ont toujours existé. Ce n'est que très tard (XIXe - XXe s) que le racisme est apparu.
- On utilise l'appellation "ville" lorsqu'il y avait un plan avant de construire. De quand date la première ville ? difficile à dire ... il y a des endroits datant du 6e s. av JC avec déjà des allées droites.

Dimanche 11/07

Explications pollutions

- En 1949 commence l'industrialisation à typologie coloniale. C'est dans les années 70 que l'on commence à comprendre que qq chose ne va pas : il y a des nuages de pollution tout le temps, des poissons morts qui remontent à la surface, etc
- Les premiers mvts en réponse proviennent des juridictions et en particulier du juge Montgorelli ; on effectue des contrôles des nappes phréatiques etc ; Montgorelli n'attaque pas directement les entreprises mais les maires et autres élus qui ont le pouvoir et le devoir de protéger les populations et les territoires.
- Le deuxième mvt vient d'un pédiatre qui s'aperçoit que de plus en plus d'enfants naissent avec malformations, cancers etc. On mène alors des enquêtes sur la pollution dans la rade : pollutions aux métaux lourds etc
- Il faut savoir qu'auparavant, les usines étaient à la fois contrôlées et les contrôleurs, au moins jusqu'à la fin des années 70-80. Dans les années 90, il y eut une affaire de corruption, certaines usines ont fermé, des contrôles ont été menés et la zone a été déclarée "zone à risque environnemental".
- Le pbm de zones européennes déclarées polluées est que chaque pays les définit +/- comme il l'entend. Elles font l'objet d'études politiques et de surveillance épidémiologique : quels sont les sites où il y a les plus gros pbms de santé et qu'il faut dépolluer, quel est l'impact des pollutions sur la santé et l'activité humaines. En Europe, la règle est que celui qui pollue doit payer ; mais le pbm est que les usines sont ici si nombreuses que l'on ne sait pas quel est le site pollueur, et chacun dit que ce n'est pas sa faute. Autre pbm : il y a encore des pollutions provenant d'entreprises qui sont parties, qui ne sont plus des personnes juridiques. Les juridictions sont donc défaillantes, devant ces pbms de pollutions on n'a pas les instruments légaux suffisants.
- Un exemple, Marre Rosso : c'est la première fois que l'on s'aperçoit que pas grand chose a changé depuis les constats et mvts des années 70 ; on s'aperçoit que bcp de Hg a été jeté dans la rade ; Pietro Ramara, un juge corrompu, fait une opération de lobbying mafieuse : il donne de l'argent en dédommagement aux familles avec malformations afin d'éviter les procès ; il est parvenu à exporter ce type de système de lobbying mafieux judiciaire à Syracuse, Tarente, etc. Auj il est emprisonné et risque d'emporter aussi des entreprises.
- Les pollutions sont ainsi un sujet très complexe sociologiquement, juridiquement mais même scientifiquement (relier les causes aux effets n'est pas facile, et les causes sont souvent à multifacteurs). Cette question environnementale a du mal à être reconnue ; peu de gens savent que c'est là une zone des plus polluées d'Europe au moins. Il y a une sorte de honte à parler des morts de pollution de peur que les entreprises partent et qu'il n'y ait plus de travail ; ces usines apportent des maladies mais il ne faut pas le dire ; ce comportement est difficile à comprendre, c'est une sorte de pression économique et sociale, une peur que les autres les regardent différemment, un marchandage du silence contre des places de travail pour les fils, ... Et en plus des morts de pollution (métaux, amiante (catastrophe du XXe s), etc) il y a aussi les accidents de travail et l'inconscience des dangers.
- Bcp de pollueurs qui y étaient n'y sont plus ; l'État devrait donc payer, mais cela tarde ; si toutes les entreprises partent avant, les habitants vont rester avec un territoire pollué et sans la maigre compensation des revenus fournis par le travail dans ces usines ...
- La rade contient 60 millions de tonnes de boues contaminées ; on pourrait faire un dragage pour dépolluer la rade, mais la question est où mettre toutes ces boues ...
- Cette zone est une des plus polluées au moins d'Europe : pendant plus de 30 ans des quantités phénoménales de métaux et hydrocarbures ont été déversés dans l'océan sans compter et des quantités de déchets ont été enfouis en silence. (Rq : Il y a aussi des problèmes dans le Nord de la Sicile où la mafia enterre des déchets dans les champs)

Dimanche 11/07

Explications après l'isthme de Thapsos

- Histoire de la région :
 - Il y avait ici auparavant des plantations d'agrumes.
 - Puis un village s'est construit avec l'argent des usines : le village de Melili, avec boulangers, église jésuite, etc, un endroit très vivant où il y avait beaucoup d'habitants.
 - Les pbms commencent en 70 avec la construction de l'usine Elisat à 400m de la mer ; les avis sont partagés entre pour le travail et contre les pollutions, qui commencent des manifestations.
 - Au final l'usine est construite et le malheur se réalise : déversement constants à la mer, eau noircie par les citernes vidées à la mer, brouillard de fumée, ...
 - Avant 75, les gens vivaient près de la mer toute l'année ; après, ils ont dû partir ailleurs, sauf une famille dont on voit la maison de vacance : Salvatto résiste à l'ordre d'évacuation et reste, mais l'usine s'installe tout de même et la production continue. Ce personnage, qui a résisté à sa manière mais surtout pour lui, a postérieurement été édifié en héros et toute une mythologie s'est élaborée autour de lui ; pourtant il n'était pas membre de la communauté et d'autres vrais habitants de Melili ont organisé des manifestations, bloqués des routes d'accès etc et on ne parle pourtant jamais d'eux.
 - Aujourd'hui, l'endroit est délabré et la proximité avec l'usine rend impossible toute reconversion.

Dimanche 11/07

Réserve naturelle de la saline de Priolo

- La réserve se situe derrière les deux tours de la station hydroélectrique Archimède. Elle est entourée d'un des plus grands pôles industriels d'Europe. Aujourd'hui, paradoxalement les plus grands pbms environnementaux qui l'affectent sont liés davantage aux nuisances sonores de la plage en période estivale, qui perturbent les oiseaux, qu'aux usines. Quatre fois par ans, l'usine Archimède fait des mesures de bruits et pollutions, mais il n'y a pas de telle surveillance effectuée du côté de la plage bien que celle-ci fasse partie de Nature2000.
- C'est la Sicile qui a l'autorité pour désigner ses lieux comme réserve naturelle.
- Il y a 20 ans, cette terre n'était à personne et était utilisée comme un grand dépôt (ce n'était pas le cas des salines de ce matin) ; il y avait peu d'oiseaux et d'animaux. Auj, cet espace vert profite avant tout aux oiseaux, pour lesquels il est une pause pour les oiseaux migrateurs, puis aux habitants en tant qu'espace de loisir, une alternative importante dans un territoire (Priolo) où il n'y a pas grand chose à faire.
- En fin de printemps, les flamands se promènent sur la plage. Depuis 2015 on assiste à un phénomène nouveau : pour la 1e fois en Sicile des flamands ne font pas qu'y passer mais décident d'y nidifier et de s'y installer. C'est la fierté de la réserve, d'autant plus que le flamand est un oiseau charismatique. Le nombre de visiteurs est passé de 4000-5000 visiteurs par an à 20 000 depuis les nids de flamand en 2018.
- Un incendie non accidentel a été déclenché en 2018-2019 ; les coupables avaient un contentieux avec les bergers du coin et on déclenché l'incendie pour les inculper ; au final les bergers les ont filmés et ils ont pu être grillés. Il y a un grand nombre de conflits de compétence et légaux : il y a des lois et il y a des pbms dans la réserve, mais sur la plage les lois ne sont pas appliquées.
- Parcours de migration : - nidification en Europe du Nord ; - passent l'hiver en Afrique; - corridor de migration le plus important : passe à côté de l'Italie ; - la Sicile est la dernière étape de repos avant l'Afrique et la 1e étape vers le Nord, ce qui la rend importante.
- Relations entre les hommes et la Nature ; Jusqu'au XVIIIe s., il y a un équilibre entre hommes et Nature, et on observe que plus l'homme est primitif, plus il est dépendant de la nature et plus il la respecte ; la Nature est protégée par des tabous et des croyances ; il y a bien des erreurs occasionnelles, mais le plus souvent on assiste surtout à des connaissances empiriques et des savoir-faire appropriés. C'est à partir du XVIIIe s. , siècle des Lumières et du rationalisme, avec surtout l'avènement des machines et de l'industrie, que l'homme croit de plus en plus pouvoir se débrouiller sans la nature ; cela résulte en les catastrophes écologiques de ces deux derniers siècles.
- On observe les flamands depuis la cabane. Il y a davantage d'adultes que de jeunes (les plus clairs). Les jeunes sont au centre : c'est la crèche, une partie des adultes les gardent tandis que les autres sont partis se nourrir, et ils échangent les rôles d'un jour à l'autre. Les gardes de la réserve posent des bagues pour un étiquetage européen des flamands ; il a ainsi été découvert que les flamands vivent (~50ans) bien plus longtemps qu'on ne le pensait.

The background of the image consists of several large, rectangular blocks of light-colored stone, likely limestone or marble, arranged in a wall-like structure. The surface of the stones is covered in intricate, though somewhat faded, carvings. These carvings appear to be of an ancient or classical nature, possibly depicting architectural details or figures. The lighting is bright, casting soft shadows that emphasize the texture and relief of the stone. The overall appearance is that of an archaeological site or a well-preserved ancient building.

Lundi 12/07

Noto antica et Pantalica

Lundi 12/07

Noto antica - présentation

- Suite à la rénovation de 1970, l'arche d'entrée comporte l'inscription NETUM INGENIOSA VRBS NVM QUAM VI CAPTA : “une ville qui ne fut jamais détruite par la force” mais seulement par les événements naturels. C'était une ville qui contenait des champs etc, très forte et grandiose. Elle est entourée de gorges qui agissent comme défense naturelle.
- Le site de Noto antica se situe au milieu des montagnes de l'Iblei. La première ville de Noto y a été construite sur la colline Alveria. Puis les dominations grecque, romaine, arabe, (angevine et espagnole (?)) se sont succédées. Le tremblement de terre de 1693 a détruit la ville, qui fut abandonnée et reconstruite en style baroque plus loin (Noto moderna). La conservation archéologique de ce site est difficile, notamment car la végétation envahit les murs, il y a un conflit d'intérêt entre protéger les murs ou la végétation.
- On a écouté ___ de l'INGV de Catane, un spécialiste sur la sismicité en Sicile et l'active faulting. La zone a connu plusieurs tremblements de terre avant et après 1693, dus au mvt de la plaque vers l'Europe. Le séisme le plus connu est celui de 1693, mais sa cause/faille sont encore débattues. L'échelle de Mercalli donne une idée de la force du séisme ressentie à la surface en un point ; elle est établie de la sorte : 1) à partir de documents d'archives (s'il n'y a pas de textes disponibles, on travaille avec l'archéologie, mais ça devient difficile ; le mieux est d'utiliser plusieurs proxies), on assigne une intensité ; 2) élaboration d'une relation entre intensité et magnitude.
- Pourquoi Noto antica fut-elle abandonnée après le tremblement de terre de 1693 ? elle en avait pourtant connu d'autres ... Peut-être à cause de glissements de terrain tout autour et à la mort de beaucoup de familles ; les chroniques racontent qu'il y avait eu un référendum et que la majorité souhaitait rester, ce sont les riches qui ont voulu partir. Noto avait la puissance du commerce.

Lundi 12/07

Noto antica - ce que l'on y a vu

- Tombes des Sicules, dans des grottes/excavations de l'âge du Bronze, au 2e millénaire av JC (datation de part les ogives) ; ils y étaient positionnés en position foetale.
- Ruines d'un château de l'époque normande ; la tour était la prison, on y voit à l'intérieur les dates et effigies des prisonniers. Sur les murs dehors, on peut voir des effigies des bateaux maltais (avant, Malte appartenait à la Sicile).
- Ce site présente des témoins d'époques successives : base de l'époque hellénistique, château de l'époque normande, ___ de l'époque espagnole (XIVe s.), ... ___
- Ancienne chapelle, dont des morceaux sont conservés au musée de Noto
- 6 endroits où on faisait de la chaux après le tremblement de terre (car avant il y avait là une église)
- L'église des jésuites, début de XVIe s. vers 1600, un des premiers monuments baroques à Noto ; c'est un des derniers monuments construits à Noto antica
- Grande place du village, où étaient le palais du Sénat et l'église principale. Noto antica avait 52 églises, Noto moderna en a 33.
- Face à la cava de ___ on voit un plateau calcaire très haut ; collision & active faulting
- Entrée d'une forteresse ; on voit l'encastrement qui marque le pas de la porte (la porte s'encastrait dans la pierre), les encastresments sur les côtés pour le mécanisme de fermeture, et les meurtrières.
- Un aqueduc plus bas
- À l'époque moderne, XVIe s., il y avait le grand marché de Pentecôte chaque années ; il n'y avait pas de taxe sur cette place.

Lundi 12/07

Nécropole de Pantalica

- On est à l'âge où les Grecs sont arrivés en Sicile, 8-9e s. av JC, âge du bronze.
- On est comme sur une presqu'île, entourée d'un fleuve qui coule dans les gorges qui forment une fortification naturelle. La ville est ainsi imprenable. La nécropole de Pantalica est une "nécropole devant la porte", elle est construite sur un bout du pourtour de la ville, en applomb des gorges.
- Pendant l'âge du fer, les Sicules (peuple que les Grecs y ont rencontré) vivaient dans la ville situé tout en haut, et il y avait en bas grottes et tombes (2 sortes de tombes : __). Les morts n'étaient pas dans le même lieu que les vivants car pas dans le même monde ; on les visitait, les honorait et les respectait ; on leur construisait une nécropole sur le tour de la ville. Dans l'Antiquité tardive, les gens sont descendus.
- La nécropole de Pantalica est la plus grande d'Europe ; avec ses 5000 tombes, il s'agit de la plus grande nécropole préhistorique.
- Il y a eu 2 grands fouilleurs dans la région : - __, avec des méthodes archéologiques anciennes et dont le matériel est exposé au musée de Syracuse ; - __ (dont le nom est souvent revenu dans les présentations)
- Les tombes étaient fermées par des pierres sculptées ou portes, que l'on peut voir au musée de Syracuse.
- Ce site est lié à Syracuse par un aqueduc (il fut relié à Syracuse pour lui apporter de l'eau) ; c'était un lieu de résistance indigène contre Syracuse, la typologie de ce site permettait de se protéger, mais elle fut finalement prise par Syracuse.
- La "petite église du crucifix" est une grotte qui servait à des moines de l'époque byzantine ; on y voit les restes d'une fresque.
- Une source permettait, par un canal anthropique romain (?), d'alimenter le théâtre de Syracuse.

A museum gallery with ancient pottery and informational panels. The room has a textured, light-colored wall. In the foreground, several large, light-colored ceramic vessels are displayed on stands. In the background, two people wearing face masks are looking at informational panels. The floor is light-colored with a dark line running through it.

Mardi 13/07

Palikè et Palazolo



Mardi 13/07

Parc archéologique et géologique de Palikè

- Nom antique : Palikè ; Auj : Roccicella
- Couvre un large temps (depuis le Paléolithique) car jamais abandonné.
- Est aussi géologiquement intéressant ; anciennement il y avait une rivière (auj à sec) ; le paysage était bcp plus humide dans l'Antiquité ; il y avait un lac formé par les pluies. Auj, le climat est très différent ; le climat a changé brusquement en Sicile dans les années____
- Il y a un lac avec des bulles de CO2 (c'est un phénomène lié au volcan (?)), qui caractérisait selon les anciens une présence divine ; les accusés avait un jugement par le lac : ils écrivaient leur défense sur une tablette et la lâchaient dans l'eau : si elle remontait, ils étaient acquittés, c'était un rituel. Dans l'Antiquité, on était au courant qu'il fallait rester debout et ne pas s'allonger à côté du lac au risque de mourir (gaz). Ce lieu était un centre de culte. Auj, une industrie récupère le gaz pour l'eau pétillante.
- On y a vu : - Stoà B : une sorte de terrasse taillée dans la roche, une salle à manger ; plusieurs époques se superposent ; pas encore de ciment. - Presque au sommet de la colline on voit le reste (rare) d'un dining counter : c'était une salle à manger et peut-être un lieu de regroupement politique. Orientation comme Megara Hyblaea -> connectés ? - Les restes d'une ferme ; et d'une église/sanctuaire/monastère, lieu de culte lié au lac à bulles ; style grec, parallèle avec Megara, alors que pas encore colonisés (tribus locales). - Un canal (anthropique), avec des tombes de l'âge du bronze et leurs banquettes sur lesquelles ils déposaient les morts au 2e millénaire av JC, et des cactus importés du Mexique par les __ ; dans le canal ont été retrouvées des poteries hellénistiques.

Mardi 13/07

Palazolo Akreide - présentation

- Akreide, “ville d’en haut”, est le nom grec de cette ville fondée par Syracuse vers 600 av JC, 70ans après la fondation de Syracuse. Elle fut renommée Palazolo, “le petit palais”, au Moyen-Âge. C’est une ville grecque à l’intérieur des terres (ce qui est particulier car d’habitude les grecs construisaient des villes au bord de la mer); elle servait de point de station pour contrôler une route qui va du SE au SW de la Sicile à l’intérieur des terre. Tout comme Pantalica, elle est entourée par de valées qui forment des remparts naturels.
- C’est une ville à quadrans, un plan d’urbanisme exporté par les grecs. Deux rue principales se croisent sur la place centrale : le cardo (rue principale N-S) et le decumanos (rue principale E-W) ; les rues secondaires sont parallèles à celles-ci, comme à Megara Hyblaea.

Mardi 13/07

Palazolo Akreide - le théâtre

- Le théâtre de d'Akreide fut construit par les grecs ; à la fin du 3e s, les romains s'emparent de la Sicile et réaménagent notamment le théâtre : la scène est modifié ; au XIXe s. le théâtre est rénové presque comme avant pour le réutiliser pour des spectacles.
- Pour construire un théâtre grec, il fallait 2 choses : - une pente naturelle, - une belle vue car l'orientation était recherchée (ici : l'Etna et les montagnes au fond). Il y avait toute une science de l'acoustique, tant dans la forme du théâtre que dans les matériaux de construction.
- Les Grecs n'utilisaient pas de mortier, ils taillaient les blocs très exactement et les assemblait comme des légos. À l'époque classique, on taille la pierre dans la carrière pour une place précise calculée à l'avance ; au contraire, les romains taillaient les pierres et voyaient leur position après.
- Forme : Un théâtre grec a un vrai 1/2 cercle complet, ≠ hellénistique (>1/2), ≠ romains (dépend du financement)
- Organisation : - Orchestre : place au centre pour les musiciens, les danseurs et le chœur ; - Scène : mur que l'on montait (comme une tente, même étymologie) et sur lequel jouaient les acteurs ; - Cavea : les banquettes disposées en arc de cercle comme une oreille ; - Evergeta ("celui qui fait du bien") : les sièges au premier rang de pierre plus blanche réservés pour les riches qui finançaient le théâtre, en reconnaissance de la cité ; leurs noms étaient parfois inscrits sur leur siège ; les grecs écrivaient beaucoup, on connaît ainsi les noms des riches bienfaiteurs de la cité car les écrits rendent hommage à leurs financements (armée, théâtre, etc) ; Diodore de Sicile a écrit des livres de l'histoire du monde, "Bibliotece" sur l'histoire de Catane etc.
- Musique : beaucoup de flûte, aussi de la lyre ; Costumes : colorés ; Acteurs : dans le théâtre grec, ils formaient comme un ballet des opéras de nos jours ; à partir de l'époque classique, un à plusieurs acteurs se détachent.
- Chaque citoyen de la ville avait une place au théâtre grec ; on peut donc estimer (une approximation par excès) le nombre de citoyens (que des hommes non esclaves) en comptant le nombre de places au théâtre. Le théâtre servait pour la vie politique et juridique (procès etc).
- Syracuse, ville très riche, pouvait se permettre de faire venir des acteurs.
- On y voyait 2 types de poésie : - épique (héros) - lyrique (sentiments)

Mardi 13/07

Palazolo Akreide - le Bouleuterion

- Mini-théâtre où se tenait la Boulè (Conseil, Sénat) à l'époque hellénistique.

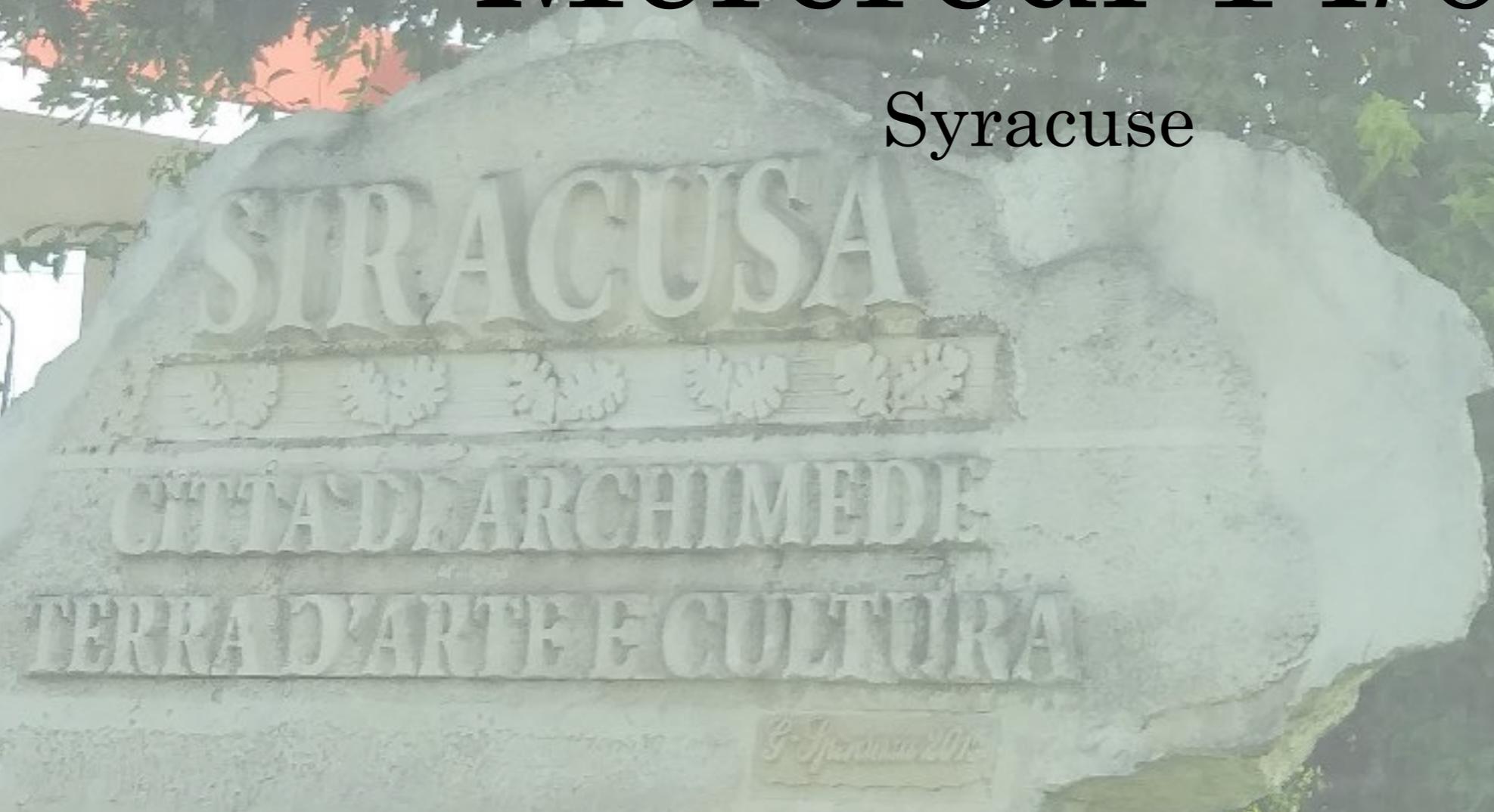
Mardi 13/07

Palazolo Akreide - les caves

- On voit des excavations du 4-3e s. av JC : il s'agissait d'une carrière de pierres pour la construction du théâtre.
- Il y a aussi des tombes datant de l'âge du bronze, 2e millénaire av JC, avant l'installation des grecs.
- Historique :
 - excavations de la carrière pour construire la ville au 3e s. av JC
 - à la fin de l'époque hellénistique et début de l'époque romaine, on place dans des niches creusées dans la roches des plaques commémoratives en terre cuite pour rendre hommage aux ancêtres, et des reliefs sont sculptés : on peut voir celui d'une cérémonie de banquet et sacrifice funéraires
 - à l'époque romaine, l'ancienne carrière de pierres est transformée en nécropole
 - à l'époque byzantine, certaines tombes sont habitées pour protéger les populations pauvres
 - au 9e s. suite à la conquête arabe la cité est abandonnée
- Dans la nécropole on voit aussi de petites encoches : elles servaient à y placer des lampes (poteries avec de l'huile dedans et une mèche textile) ou des torches de pin. La Sicile était aussi très importante comme source de pins pour la construction des bateaux.

Mercredi 14/07

Syracuse



Mercredi 14/07

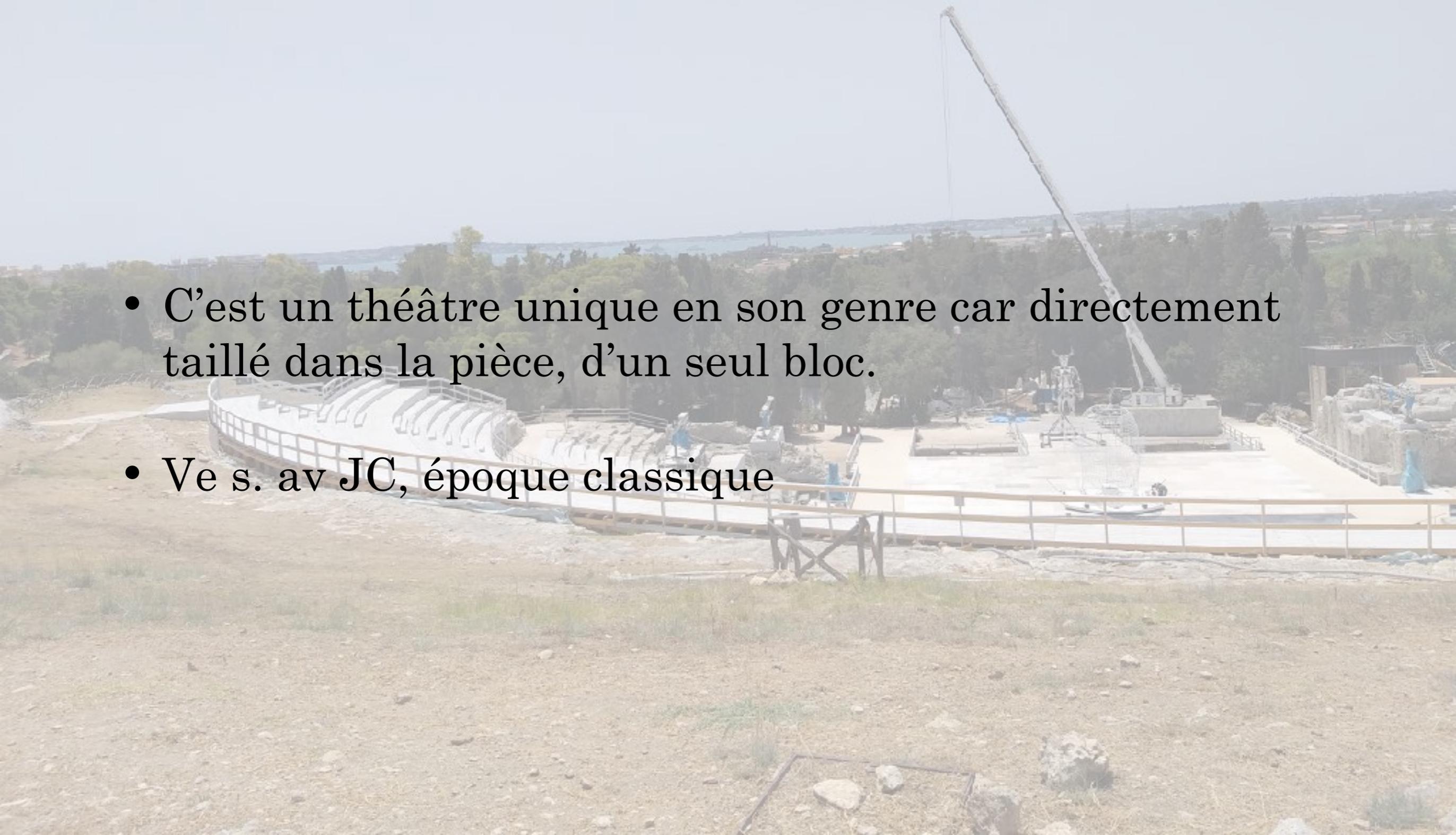
Parc __ - L'Oreille de Denys

- L'Oreille de Denys est une ancienne carrière de pierres de l'époque classique (pendant laquelle Athènes était la principale cité grecque) à hellénistique (d'Alexandre le Grand à l'époque romaine). L'excavation a duré de la fin du Ve s. au début du IIIe s. av JC
- Denys 1er était un grand tyran de Syracuse vers fin Ve - IVe s. av JC ; il a mené plusieurs guerres contre les Carthaginois et a étendu ses influences jusqu'en Italie __ Rq: Le sens de tyran à l'époque n'était pas du tout le même que celui que l'on lui donne aujourd'hui : il s'agissait de ce qui était contre l'oligarchie, et un tyran pouvait faire de bonnes choses pour le peuple.
- On voit comment les blocs étaient taillés dans cette carrière : on voit des blocs que l'on n'a pas fini d'extraire, des traces des bords, des trous pour mettre les échafaudages en bois, des traces de ciseaux (des archéologues tentent même de remonter aux techniques et mouvements à partir de ces traces), ...

Mercredi 14/07

Parc __ - Teatro greco

- C'est un théâtre unique en son genre car directement taillé dans la pièce, d'un seul bloc.
- Ve s. av JC, époque classique



Mercredi 14/07

Parc __ - Autel de Zeus

- Contrairement aux églises chrétiennes, où les sacrifices ont lieu à l'intérieur de l'église, les temples grecs étaient conçus pour abriter les statues et les sacrifices avaient lieu sur des tables à l'extérieur ; à l'époque hellénistique, les sacrifices passent de ces tables à des formes monumentalisées d'autels.
- Mythe de Prométhée (le tyran qui a volé le feu aux dieux pour le donner aux hommes, mythe de l'invention de la civilisation) : pour tromper les dieux de l'Olympe, Prométhée fait deux tas avec les boeufs sacrifiés : un tas de viande et un tas de graisse avec seulement les os dessous ; les dieux choisissent le tas de graisse mais ils sont trompés car il n'y a que les os dessous ; depuis les hommes donnent aux dieux les os et la graisse, qu'ils font brûler sur l'autel, et mangent la viande. Les sacrifices et fêtes religieuses étaient d'ailleurs leur seule occasion de manger de la viande.
- L'autel de Zeus est très grand, on y sacrifiait plusieurs centaines de boeufs. Les vestiges de pierre à côté sont sûrement les restes d'une stoà pour y manger sous un toit tenu par des colonnades.
- Boeufs et poésie : "bucolique" vient de "boeuf" ; la poésie bucolique était la poésie lyrique des bouvillers (ceux qui gardent les boeufs) au 3e s. av JC ; elle parle de sources, de la nature, de céréales, de boeufs, etc ; le 1er grand nom de la poésie bucolique est Théocrite de Syracuse, il a inspiré ensuite Virgile.

Mercredi 14/07

Parc __ - Amphitéâtre, population, muraille

- On voit l'amphithéâtre romain dans lequel se tenaient des combats de gladiateurs et de bêtes sauvages.
- Pour estimer la population, on peut utiliser une combinaison de proxies :
 - compter les habitations (avec la géophysique) et estimer combien de personnes pouvaient vivre dans une habitation
 - compter les tombes d'une nécropole
 - calculer à partir de l'aire des terres cultivées
 - compter le nombre de sièges au théâtre pour estimer le nombre de citoyens
- On a aussi vu le reste de la muraille de fortification de la ville ; elle date du 5e s. av JC et a été attaquée au 3e s. par les romains ; prise de la Sicile par les romains pendant la 2e guerre punique.

Mercredi 14/07

Musée archéologique "Paolo Orsi" de Syracuse - objets

- On voit les pierres sculptées qui fermaient les tombes des nécropoles.
- Les colliers des gens riches représentaient la course du soleil : on y trouve coquillages, porcelaine, pierres etc de différents pays.
- Les vases étaient faits pour le contenu, d'où leurs différentes formes, qui marquent aussi le lieu de provenance du contenu.
- On coupait avec du silex ou des obsidiennes taillés ; les obsidiennes venaient surtout de Lipari (îles Éoliennes), qui en faisait un grand commerce.
- On voit aussi des poids de métier à tisser.
- Les fibules en bronze servaient à attacher les draps qui servaient de vêtements ; ce sont les ancêtres des épingles à nourrices ; elles étaient chères (car en métal) donc marque de richesse. Tout ne vient pas de grecs mais ils étaient tout de même à la pointe de la technologie.
- Seulement les riches avaient les moyens de faire la guerre.
- L'âge du fer vient après l'âge du bronze car le fer est plus résistant et il faut des fours plus puissants pour pouvoir le modeler.
- Il y avait aussi des vases en argent, mais ils ont été refondus (donc peu de restes) car c'est un métal précieux.
- Remarque : ce que l'on trouve en archéologie et que l'on voit dans les musées est très souvent ce que l'on retrouve dans les tombes ; cela signifie que l'on essaie d'interpréter la vie des anciens à partir des objets dédiés à leurs morts ...

Mercredi 14/07

Musée archéologique “Paolo Orsi” de Syracuse - les dessins sur les vases

- Dessins sur les vases :
 - figures géométriques
 - époque mycénienne : dessins de la mer (vagues etc)
 - époque archaïque, période orientalisante : animaux (lions, panthères, etc)
 - époque hellénistique (VI-Ve s. av JC : figures noires
 - Ve s. av JC : figures rouges sur fond noir
- Les grecs ont des dessins très développés et très fins. Et ils étaient à la pointe des technologies. C'est peut-être parce qu'ils étaient au milieu de la Méditerranée et qu'ils ont rencontré plein de peuples et ont pris de chacun les techniques qui les intéressaient.
- Récipients des grecs : - Amphores : servaient à transporter le vin ou l'huile ; - Cratères : les grecs buvaient du vin très fort qu'ils diluaient dans de l'eau, les cratères servaient à effectuer ce mélange
- Couleurs : en réalité, tout était très coloré ; pourquoi pas toutes les couleurs se sont conservées ? parce que les couleurs restent si on peint avant la cuisson, et non après.

Mercredi 14/07

Musée archéologique “Paolo Orsi” de Syracuse - sculptures

- La sculpture est une part importante des grecs ; ils faisaient des sculptures peintes en marbre des cyclades ; ils faisaient aussi des terres cuites en coulant de l'argile dans des moules.
- Contrairement aux Égyptiens qui faisaient des statues figées, les Grecs, sportifs, voulaient rendre le mouvement, donner vie à la statue, dont on voit les plissements des muscles et tendons ; ce style a influencé tout l'art européen.
- On voit en miniature le temple d'Apollon, les figures sur le front du bâtiment sont des masques de la Gorgogone, la Méduse, une figure apotropaïque (qui tient loin le mal).
- On voit des gouttières/gargouilles têtes de lion
- Caractéristique des statues archaïques 6e s. grec : sourire (c'est une spécificité), coiffures, yeux en amandes, polychromie (plusieurs couleurs, surtout rouge noir jaune, un peu de bleu égyptien)

Un très grand merci à tous ceux qui ont rendu ce stage possible et aussi chouette

