

# Les marqueurs de la subduction au niveau de l'arc calabro-sicilien.

## Entraînement à l'Évaluation des Compétences Expérimentales (ECE) et travail collaboratif en classe de Terminale scientifique

Par Lucas BOLLORI et Faustine GENDRON,  
Professeurs de SVT au lycée Henri Bergson – Paris XIXe  
et Félix VILLENEUVE, Professeur de SVT au lycée Simone Weil – Paris IIIe  
Pour l'Ecole d'automne du Labex UnivEarthS,  
du 20 au 26 octobre 2016, à Acì Trezza en Sicile (Italie)

### Mise en situation et recherche à mener par les élèves

La Sicile et les Iles Eoliennes sont des régions très actives de la Mer Méditerranée. En décembre 2015, lors de la dernière éruption de l'Etna, volcan situé au Nord-est de la Sicile, un panache de cendres haut de 7 km était observable le 1<sup>er</sup> jour.

**On cherche à déterminer le contexte géodynamique à l'origine de cette activité volcanique.**

Les élèves sont répartis en groupe, et proposent des stratégies de résolutions différentes, afin d'obtenir plusieurs éléments de réponse à mutualiser en fin de séance.



Eruption de l'Etna le 03/12/15  
(Image : Testa Veronica)

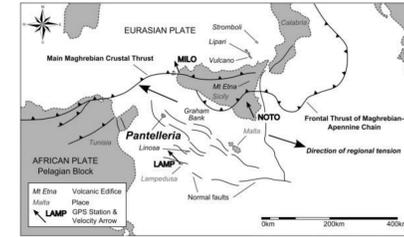
### Ressources à la disposition des élèves pour élaborer une stratégie de résolution

#### Matériel envisageable :

- d'observation (microscope polarisant avec analyseur, loupe binoculaire...)
- de mesure et d'expérimentation (balance, chaîne ExAO...)
- informatique et d'acquisition numérique

#### Documents de référence :

- Carte centrée sur la Sicile (ci-contre, à droite)
- Photographie de l'Etna en éruption (ci-contre à gauche)
- Tableau de la teneur composition minéralogique de différentes roches (ci-dessous)
- Tableau de la composition chimique de quelques minéraux (ci-dessous)

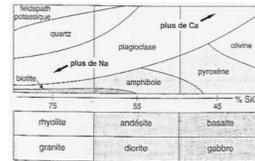


### ETAPE 1 : Concevoir une stratégie pour résoudre une situation-problème

Pour identifier le contexte géodynamique de la région autour de l'Etna, nous pouvons utiliser la **tomographie sismique**, méthode géophysique fondée sur les variations spatiales de propagation des ondes notamment au sein du manteau. Nous allons essayer d'identifier des **anomalies de propagation** dans les 800 premiers kilomètres sous la zone d'étude. A l'aide du logiciel *Tomographie Sismique* de Philippe Cosentino, si nous observons une accélération des ondes sismiques révélant une lithosphère froide plongeante dans cette zone, alors nous pourrions être en contexte convergent de subduction et le volcanisme local pourrait en être un marqueur. Si nous observons un ralentissement des ondes sismiques révélant une remontée de matériel chaud, alors nous pourrions être en contexte extensif de dorsale ou de point chaud.

Pour identifier le contexte géodynamique de la région autour de l'Etna, on peut chercher les **roches magmatiques** qu'il est possible de trouver dans cette région. Nous allons observer ces roches à l'œil nu puis en lame mince au **microscope polarisant** afin d'étudier leur **composition minéralogique**, pour déterminer leur origine. Si nous trouvons, dans cette région, des roches riches en silice (SiO<sub>2</sub>), donc riches en minéraux tels que le quartz et les feldspaths, ce seraient les marqueurs de l'existence d'une zone de subduction.

Composition minéralogique de différentes Roches (g.) et chimique de minéraux (d.)



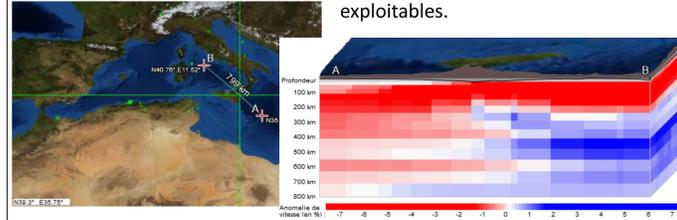
Minéraux	Formule chimique
Feldspath plagioclase	albite : NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> anorthite : CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
Feldspath alcalin	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Quartz	SiO <sub>2</sub>
Hornblende	(Al, Fe)(Mg, Fe) <sub>2</sub> NaCa <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
Biotite	K(Mg, Fe, Al)(AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> )
Pyroxène	(Mg, Fe, Al)Ca(Si, Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>

Les éruptions volcaniques dans cette zone semblent être plutôt explosives, on peut émettre l'hypothèse que cette région est marquée par un contexte géodynamique compressif de type subduction. Pour vérifier l'existence d'une plaque lithosphérique rigide plongeante dans cette zone, on peut chercher la présence de foyers sismiques sous la surface, perpendiculairement à l'axe global de l'arc volcanique. A partir du logiciel *Sismolog*, on peut réaliser une coupe globale NW-SE afin d'observer la **répartition des séismes** en profondeur.

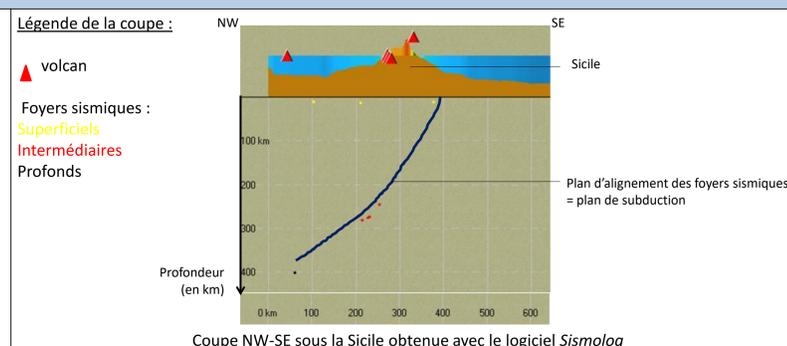
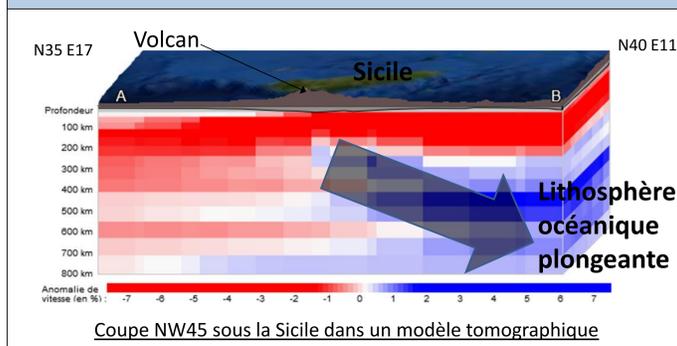
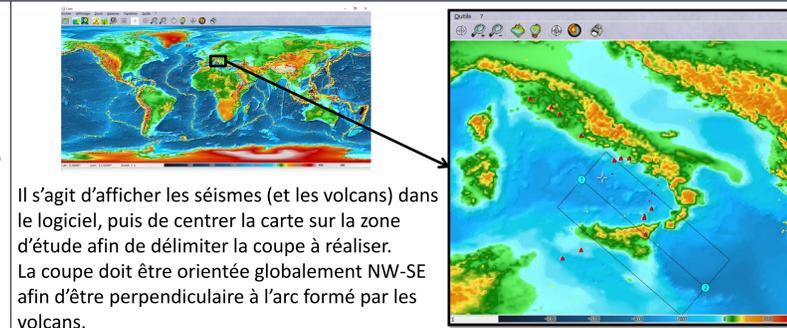
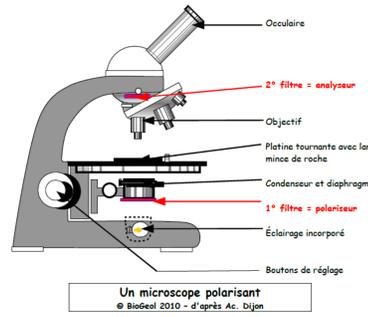
Si les séismes sont globalement alignés sur un **plan de subduction** appelé « plan de Wadati-Benioff » incliné vers le NW, alors on pourra en déduire qu'une plaque lithosphérique entre en subduction dans cette zone. Si les foyers sismiques sont absents ou diffus, l'existence d'une subduction ne sera pas prouvée.

### ETAPE 2 : Mettre en œuvre un protocole de résolution pour obtenir des résultats exploitables

Il s'agit de tracer une coupe NW45 sur environ 800 km en passant par l'Etna. En exagérant le relief, il est possible de localiser plus précisément la Sicile en surface. Il faut également choisir l'option « Très haute qualité » pour rendre lisible la coupe. Un contraste à 100 % permet d'obtenir des résultats exploitables.



La manipulation consiste à utiliser le microscope optique polarisant pour observer une lame mince d'une roche provenant de Vulcano. Les élèves ont à leur disposition une fiche de reconnaissance des minéraux au microscope optique polarisant et la fiche d'utilisation du microscope polarisant. Il s'agit de choisir une plage d'observation permettant l'observation de l'ensemble des minéraux de la roche.



### ETAPE 4 : Exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème

Ces **anomalies positives** de vitesse des ondes de volume dans le manteau sous la Sicile permettent de mettre en évidence un volume froid incliné avec un pendage nord-ouest. Cette anomalie thermique correspond à la signature d'une **subduction**. La tomographie permet donc de révéler la subduction d'une unité de la plaque Afrique sous une unité de la plaque Europe. Ces deux plaques sont en **convergence**.

L'échantillon donné est riche en quartz et contient aussi des feldspaths et de l'hornblende (une amphibole). L'échantillon trouvé sur Vulcano a une texture microlitique, c'est donc une roche volcanique : c'est une rhyolite. Les minéraux constitutifs de cette rhyolite très riches en silice ce qui est caractéristique du magmatisme de **zone de subduction**. La région de Vulcano se situe donc dans une région en contexte de **convergence**.

Sur la coupe réalisée, on observe des foyers sismiques présents jusqu'à 400 km de profondeur. Ces foyers profonds s'alignent avec des foyers intermédiaires situés à l'aplomb du Nord de la Sicile et des foyers superficiels situés à l'aplomb du SE de la Sicile. Or l'existence de foyers sismiques alignés, au-delà de 120 km de profondeur, indique la présence d'un matériau rigide, cassant, tel qu'une **plaque lithosphérique**. On peut en déduire l'existence d'une plaque en **subduction**, orientée SE-NW.

### ETAPE FINALE : Mise en commun et réponse au problème initial

Dans la région de la Sicile et des Iles Eoliennes, on peut observer une activité de surface à l'origine de roches volcaniques (des rhyolites) contenant des minéraux très riches en silice, ce qui est un argument en faveur d'éruptions plutôt explosives, liées à un contexte géodynamique de subduction. En profondeur, on observe un alignement des foyers sismiques sur un plan orienté SE-NW de la surface jusqu'à 400 km, superposable à une zone d'accélération des ondes sismiques révélatrice de la présence d'un matériau froid. Le panneau plongeant froid et cassant correspond à de la lithosphère entrant en subduction. Sous l'effet de la pression (et de la température) en profondeur, les roches de la plaque subduite subissent un métamorphisme, qui va libérer de l'eau et provoquer une fusion partielle dans le manteau chevauchant, à l'origine de l'activité volcanique explosive.

### Le coin « méthodologie » et « évaluation »

**Pour l'introduction :**  
L'enseignant propose une **situation-problème** qui "parle" aux élèves, sans que ce soit forcément une scénarisation. Ce peut être une observation ou une application d'une connaissance scientifique. Les **ressources** permettent alors aux élèves de concevoir leur stratégie pour mener leur recherche, et les indiquer permet de minimiser les connaissances nécessaires pour traiter l'ensemble du sujet. Le **matériel** cité est limité au matériel réel (ou à son substitut) et à une rubrique systématique : matériel de laboratoire, d'observation, de mesure et d'expérimentation, informatique et d'acquisition numérique.  
Les élèves disposent au total de **60 minutes**.

**Pour l'étape 1 :**  
Les élèves doivent, individuellement, « proposer une **démarche d'investigation** permettant de résoudre la situation-problème énoncée en introduction », en indiquant les modalités de cette investigation :  
- **ce qu'ils voudraient faire (critère 1) :** principe expérimental  
- **comment ils voudraient le faire (critère 2) :** stratégie de recherche  
Ces 2 points sont inspirés des apprentissages vus en classe précédemment.  
- **ce à quoi ils s'attendent (ou les conséquences vérifiables) dans les conditions qu'ils ont imaginées (critère 3) :**

**Modalités d'évaluation (pour les étapes 1, 3 & 4) :**  
\* Si l'élève réussit 3 critères sur 3 : **A**  
\* Si l'élève réussit 2 critères sur 3 : **B**  
\* Si l'élève réussit 1 critère sur 3 : **C**  
\* Si l'élève ne réussit aucun critère sur les 3 : **D**  
Le jour J, en fin d'année scolaire, cette étape est évaluée à l'oral, après une préparation au brouillon pendant 10 minutes maximum.

**Pour l'étape 2 :**  
Le professeur évalue la capacité de chaque élève à **mettre en œuvre un protocole, à organiser et à gérer son poste de travail, à respecter des conditions de travail et de sécurité**. L'élève dispose d'une liste du matériel dont il dispose et d'une fiche protocole. Pour les manipulations et les expériences, le **principe** est fourni. Pour les logiciels, une **fiche technique** d'utilisation du logiciel est fournie avec le protocole. L'objectif est que chaque élève réussisse la manipulation : certains, sans aucune aide, d'autres avec une ou des **aides mineures** (indices, conseils), d'autres enfin avec une **aide majeure** (protocole détaillé, manipulation à la place de l'élève, document de secours).

**Modalités d'évaluation :**  
\* Si l'élève obtient des résultats exploitables après une mise en œuvre du protocole satisfaisante (maîtrise du matériel, respect des consignes et gestion correcte du poste de travail), seul ou avec une aide mineure : **A**  
\* Si l'élève obtient des résultats exploitables après une mise en œuvre du protocole satisfaisante, mais avec des aides mineures répétées : **B**  
\* Si l'élève obtient des résultats exploitables après une mise en œuvre du protocole correcte, mais avec une aide majeure : **C**  
\* Si l'élève n'obtient pas de résultats exploitables après une mise en œuvre du protocole approximative ou incomplète, malgré toutes les aides apportées : **D**

**Pour l'étape 3 :**  
L'élève doit **communiquer les résultats obtenus** lors de la mise en œuvre du protocole, en se mettant dans la situation d'un expérimentateur qui a obtenu des données et qui doit les communiquer à la communauté scientifique. Plusieurs **formes de communication scientifique** sont possibles : le dessin, le schéma, l'image numérique, le tableau et toute forme de diagramme (graphique, histogramme, etc.), mais pas de texte. Il s'agit de choisir la plus pertinente et de la réaliser selon les règles apprises (techniquement correct - **critère 1**, et bien organisé - **critère 2**) en ajoutant les résultats et tout commentaire (bien renseigné - **critère 3**) utile pour la compréhension des résultats (titres, légendes, commentaires).  
(Voir modalités d'évaluation à l'étape 1)

**Pour l'étape 4 :**  
Il s'agit d'**interpréter les résultats** pour terminer la démarche d'investigation : l'élève exploite les données qu'il a obtenues (ou celles du document de secours) et apporte une **solution** au problème initiateur de la recherche, en :  
- **décrivant les résultats utiles**, avec valeurs chiffrées et unités le cas échéant (**critère 1**),  
- **intégrant les notions nécessaires pour répondre au problème (critère 2)**,  
- **apportant une réponse au problème posé et (in)validant les hypothèses de départ (critère 3)**.  
Un schéma bilan peut être réalisé pour illustrer la réponse.  
(Voir modalités d'évaluation à l'étape 1)

Synthèse réalisée à partir de la note de service n°2011-145 du 3 octobre 2011 (BOEN spécial n°7 du 6 octobre 2011) définissant les modalités de sélection des sujets et d'organisation de l'épreuve.