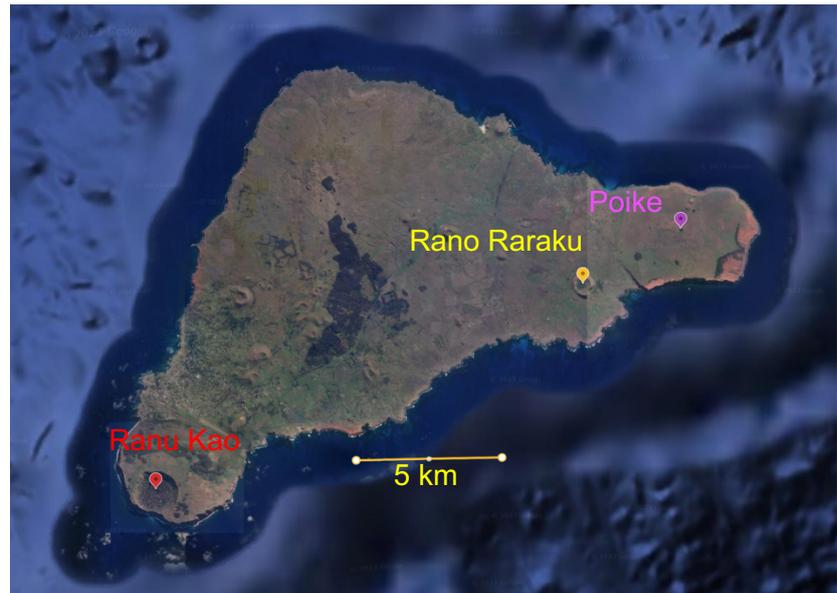


## L'histoire géologique de l'île de Pâques

L'île de Pâques est une île reculée de Polynésie. D'une surface de 160 km<sup>2</sup>, elle est isolée dans le Pacifique, à 3 000 km de la côte chilienne et à plus de 2 000 km de toute autre île. Elle est par ailleurs célèbre pour ses statues monumentales : les Moaï. On en dénombrait quelque 887 sur l'île. La majorité de ces monolithes a été sculptée autour du 14<sup>e</sup> siècle dans du tuf issu principalement de la carrière d'un volcan, le Rano Raraku. Leur taille varie de 2,5 à 9 mètres.

On cherche à comprendre l'origine géologique de cette île du Pacifique.

**Document de référence** : à gauche, situation géographique de l'île ; à droite, vue satellite avec la position de trois édifices volcaniques remarquables sur l'île de Pâques.



### Question 1

**Déterminer les origines géologiques possibles des roches ayant servi à sculpter les statues de l'île de Pâques. Vous exploiterez les documents 1 et 2.**

### Question 2

**Déduire de l'analyse documentaire le contexte géodynamique le plus probable à l'origine de cette île. Vous exploiterez les documents 3 à 5.**

*Attention : pour cette question un document en annexe est à rendre avec votre copie. Cf. document 3c.*

## Document 1 – Données sur les statues Moaïs

### Document 1a - Photo d'un Moaï placé sur une plateforme appelée « Ahu ».

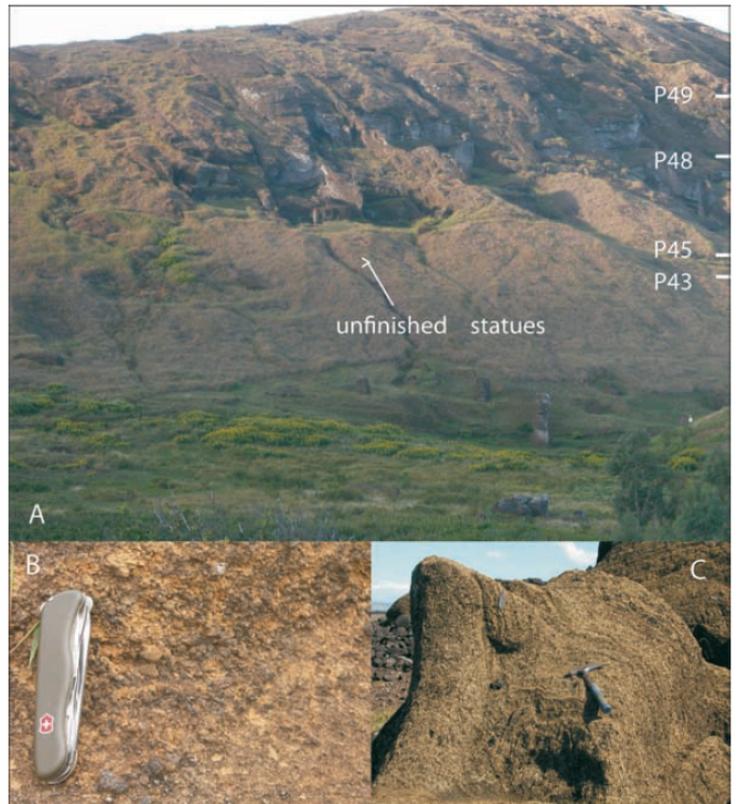
Certains Moaïs, comme celui-ci-dessous, est surmonté d'un chapeau appelé « Pukao ».



### Document 1b - Échantillons de roches volcaniques qui ont servi à la sculpture des mégalithes de l'île de Pâques

| Utilisation | Echantillon |
|-------------|-------------|
| Moai        | P43         |
| Moai        | P45         |
| Moai        | P48         |
| Moai        | P49         |
| Moai        | P57         |
| Moai        | P1          |
| Pukao       | P18         |
| Ahu         | P8          |
| Ahu         | P21         |
| Ahu         | P29         |
| Ahu         | P6          |
| Ahu         | P47         |
| Ahu         | P35         |

### Document 1c - Flanc du cône de tuf Rano Raraku



A : anciennes carrières et localisation des échantillons

B : gros plan du tuf dans l'affleurement

C : gros plan du tuf dans une statue face cachée

Le tuf volcanique est une roche formée par l'accumulation de projections volcaniques consolidées sous l'action de l'eau.

### Document 1d - Composition chimique des prélèvements P43, P48 et P49

Remarque : mean signifie moyenne, SD signifie Standard Deviation c'est-à-dire l'écart-type, wt% weight % ou pourcentage de la masse.

| Echantillon                         | P43   |      | P48   |      | P49   |      |
|-------------------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|
|                                     | mean  | SD   | mean  | SD   | mean  | SD   |
| SiO <sub>2</sub> (wt%)              | 50.02 | 0.34 | 50.12 | 0.22 | 50.28 | 0.35 |
| TiO <sub>2</sub>                    | 2.40  | 0.13 | 2.41  | 0.10 | 2.27  | 0.10 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 14.51 | 0.18 | 14.57 | 0.12 | 14.69 | 0.30 |
| FeOt                                | 12.55 | 0.22 | 12.36 | 0.21 | 12.05 | 0.40 |
| MnO                                 | 0.35  | 0.05 | 0.31  | 0.06 | 0.31  | 0.09 |
| MgO                                 | 2.89  | 0.14 | 2.90  | 0.11 | 2.90  | 0.15 |
| CaO                                 | 6.86  | 0.10 | 6.87  | 0.11 | 6.84  | 0.16 |
| Na <sub>2</sub> O                   | 3.34  | 0.27 | 3.49  | 0.12 | 3.60  | 0.07 |
| K <sub>2</sub> O                    | 1.43  | 0.03 | 1.44  | 0.05 | 1.43  | 0.08 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>       | 0.49  | 0.05 | 0.42  | 0.07 | 0.48  | 0.12 |
| Cl                                  | 0.12  | 0.02 | 0.09  | 0.03 | 0.12  | 0.02 |
| S                                   | 0.14  | 0.09 | 0.03  | 0.03 | 0.03  | 0.03 |
| Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O | 4.77  |      | 4.93  |      | 5.03  |      |

Note: SD: standard deviation; FeOt: all Fe as FeO.

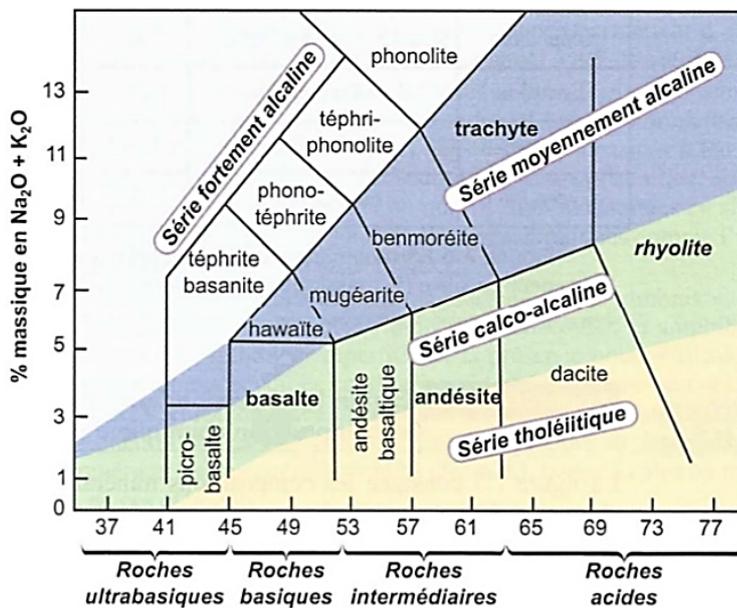
D'après A. Gioncada et al., The volcanic rocks of Easter Island (Chile) and their use for the Moai sculptures, Eur. J. Mineral., 2010

## Document 2 – Le volcanisme, manifestation de la tectonique des plaques

### Document 2a - La classification chimique des roches volcaniques

La classification TAS (pour Total Alkali Silica) est un système qui permet de définir une roche volcanique par sa composition chimique à partir du rapport entre le taux massique de silice ( $\text{SiO}_2$ ) et le taux massique de minéraux alcalins ( $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Le taux massique représente le pourcentage en masse d'une espèce chimique par rapport à la masse totale du mélange.



Cette classification permet de distinguer plusieurs séries magmatiques, selon leur teneur en Na et K.

Série magmatique : ensemble de roches magmatiques issues de la fusion d'un même magma mais dont la composition chimique a évolué au cours du processus de leur formation.

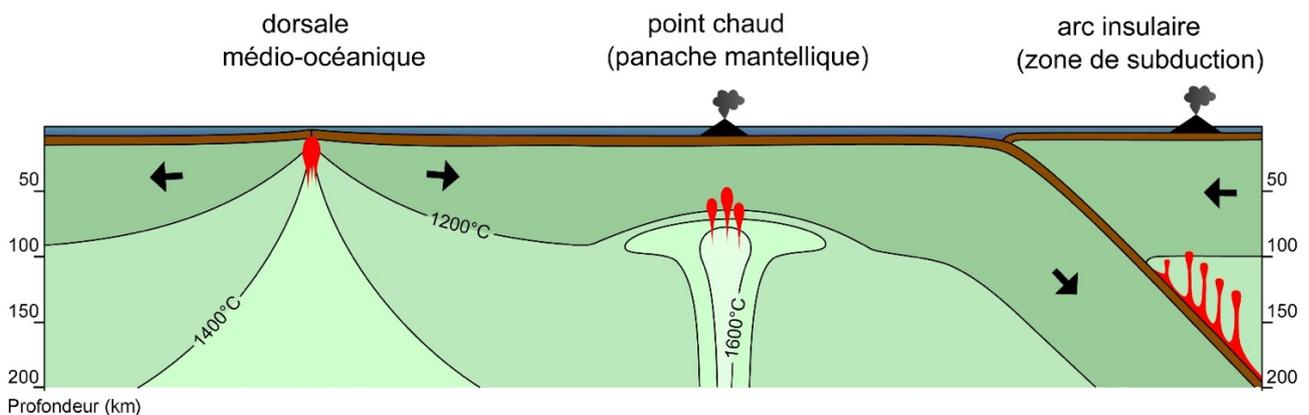
*D'après Peycru et al. (2015)*

### Document 2b - Schéma des processus conduisant à une fusion partielle du manteau supérieur

Le volcanisme de surface est associé à des conditions particulières qui permettent au manteau solide de fondre.

Les conditions de fusion et des mécanismes de différenciation conduisent, à partir d'un magma initial, à la formation de roches magmatiques variées :

- la série tholéiitique est un ensemble de roches volcaniques caractéristiques des dorsales océaniques ;
- la série alcaline est un ensemble de roches volcaniques caractéristiques des points chauds ;
- la série calco-alcaline un ensemble de roches volcaniques que l'on retrouve dans les zones de subduction.



Source : wiki

### Document 3 - Analyse chimique de quelques basaltes échantillonnés

#### Document 3a - Intérêt de l'étude des éléments de terres rares dans les roches

Les éléments de terres rares sont 17 éléments chimiques. Ils sont subdivisés en deux groupes, les terres rares légères (La, Ce, Pr...), les plus abondantes, et les terres rares lourdes (Tm, Yb, Lu), les moins abondantes. En géologie, ce sont des éléments dits incompatibles : ils se concentrent, lors de la fusion, dans la phase liquide. Les roches issues de la fusion partielle du manteau contiennent des concentrations en éléments de terres rares différentes selon le contexte de fusion partielle qui est à leur origine.

#### Document 3b - Analyses de la composition chimique en éléments de terres rares de deux basaltes de l'île

| Echantillons | basalte 1             | basalte 1                  | basalte 2             | basalte 2                  |
|--------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
|              | <i>Valeurs en ppm</i> | <i>Valeurs normalisées</i> | <i>Valeurs en ppm</i> | <i>Valeurs normalisées</i> |
| La           | 161,1                 | 234,5                      | 14,4                  | 21,0                       |
| Ce           | 163                   | 91,8                       | 33                    | 18,6                       |
| Pr           | 47,98                 | 173,8                      | 4,34                  | 15,7                       |
| Nd           | 210,3                 | 155,3                      | 18,7                  | 13,8                       |
| Sm           | 49,2                  | 110,8                      | 4,9                   | 11,0                       |
| Eu           | 16,70                 | 99,4                       | 1,72                  | 10,2                       |
| Gd           | 56,12                 | 94,2                       | 5,64                  | 9,5                        |
| Tb           | 8,18                  | 75,7                       | 0,79                  | 7,3                        |
| Dy           | 47,1                  | 63,9                       | 4,9                   | 6,6                        |
| Ho           | 9,27                  | 56,5                       | 0,95                  | 5,8                        |
| Er           | 25,5                  | 53,1                       | 2,5                   | 5,2                        |
| Tm           | 3,87                  | 52,3                       | 0,40                  | 5,4                        |
| Yb           | 22,77                 | 46,2                       | 2,22                  | 4,5                        |
| Lu           | 3,39                  | 45,8                       | 0,35                  | 4,7                        |

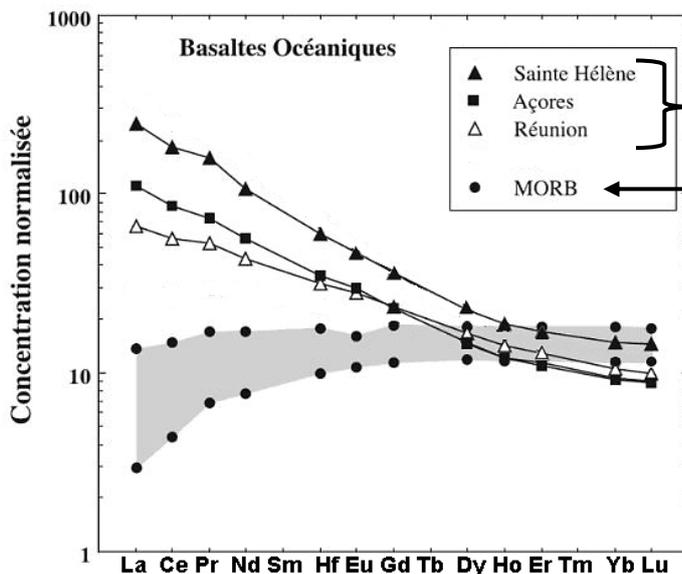
La valeur normalisée signifie que les valeurs des échantillons ont été divisées par les valeurs de référence du manteau primitif.

« ppm » signifie « partie par million », 1 ppm est une fraction de 1 sur 1 million.

*D'après Bernard DÉRUELLE, le volcanisme de l'île de Pâques, géologie de la France, 2002*  
*Valeurs normalisées, D'après F McDonough, 1989*

#### Document 3c - Le spectre des terres rares de divers basaltes océaniques

Vous devez replacer les informations du document 3b dans le graphique ci-dessous qui est reproduit en annexe à la fin du sujet.



Volcanisme de point chaud

Mid-Ocean Ridge Basalt : basaltes de dorsale médio-océanique

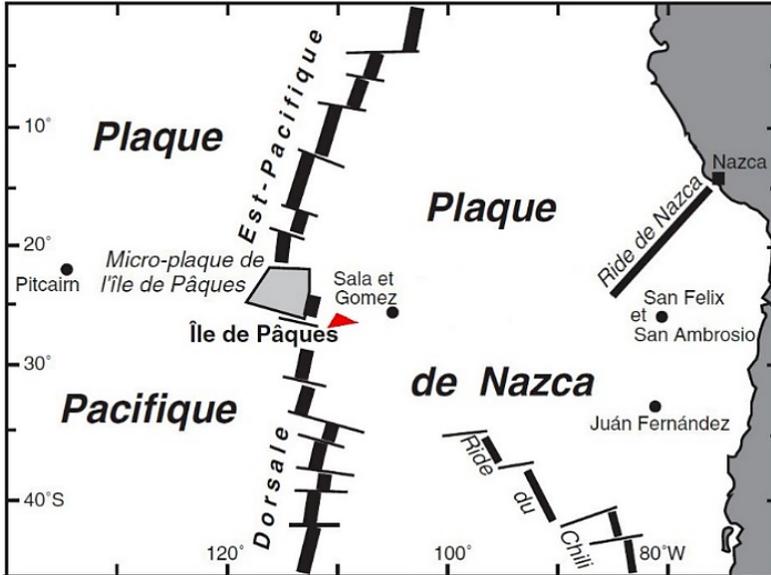
Les concentrations sont exprimées en valeurs normalisées.

*D'après Jambon et Thomas, Géochimie, Dunod, 2009*

## Document 5 - Contexte géologique de l'île de Pâques

L'île de Pâques est située sur la plaque de Nazca, dont la frontière occidentale est la dorsale Est-Pacifique. La plaque de Nazca est aussi bordée par deux microplaques dont celle de Pâques. Elle présente trois grandes chaînes de monts sous-marins : deux sont visibles sur le document 5a et constituent ce que l'on appelle des rides (océaniques).

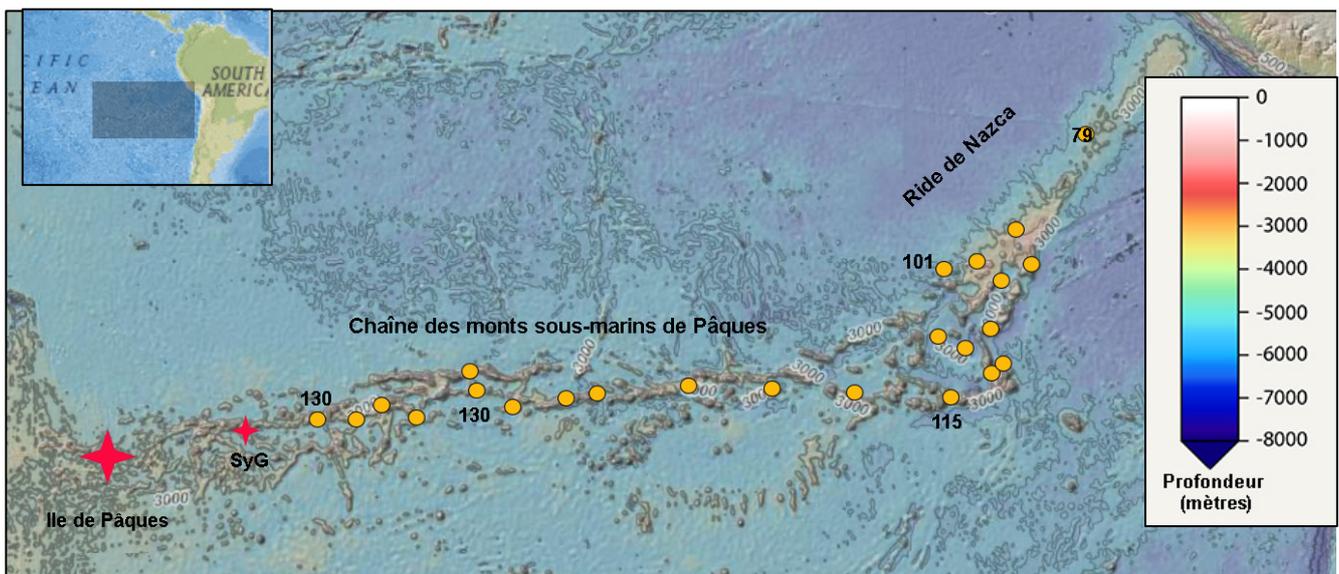
## Document 5a - Situation générale de l'île de Pâques par rapport aux principales plaques



D'après Bernard DÉRUELLE, *le volcanisme de l'île de Pâques, géologie de la France, 2002*

## Document 5b - Situation géographique de l'île de Pâques par rapport à différents monts sous-marins et à la ride de Nazca

L'étude d'une partie de cette plaque a été rendue possible grâce à la collecte d'échantillons par dragage.

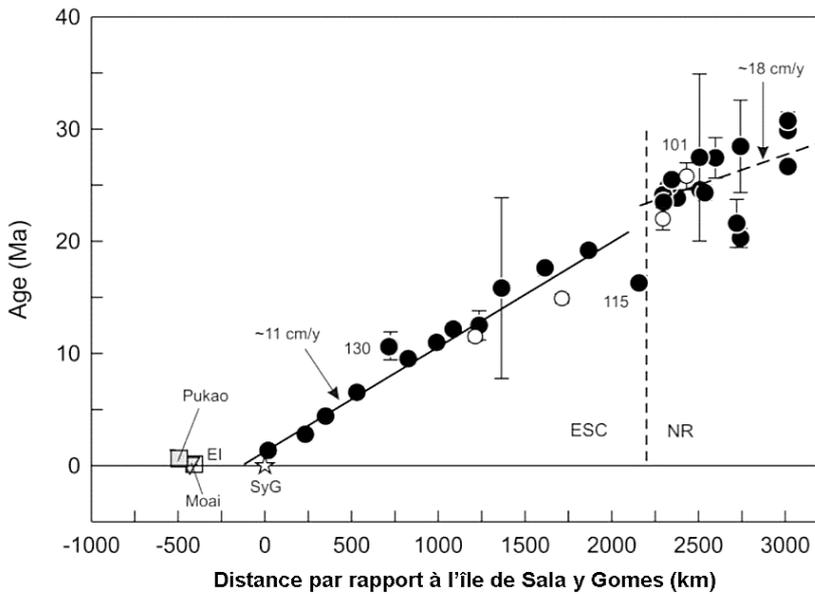


L'emplacement de chacune des stations de dragage, à partir desquelles des échantillons ont été obtenus, est marqué d'un cercle.

Les îles de Pâques et de Sala y Gomes (SyG), émergées, sont marquées d'une étoile.

D'après Ray et al., *Journal of petrology, 2012*

**Document 5c - Distribution des âges des roches volcaniques des îles NR, ESC et de l'île de Pâques (EI) en fonction de la distance par rapport à Sala y Gomez (SyG)**

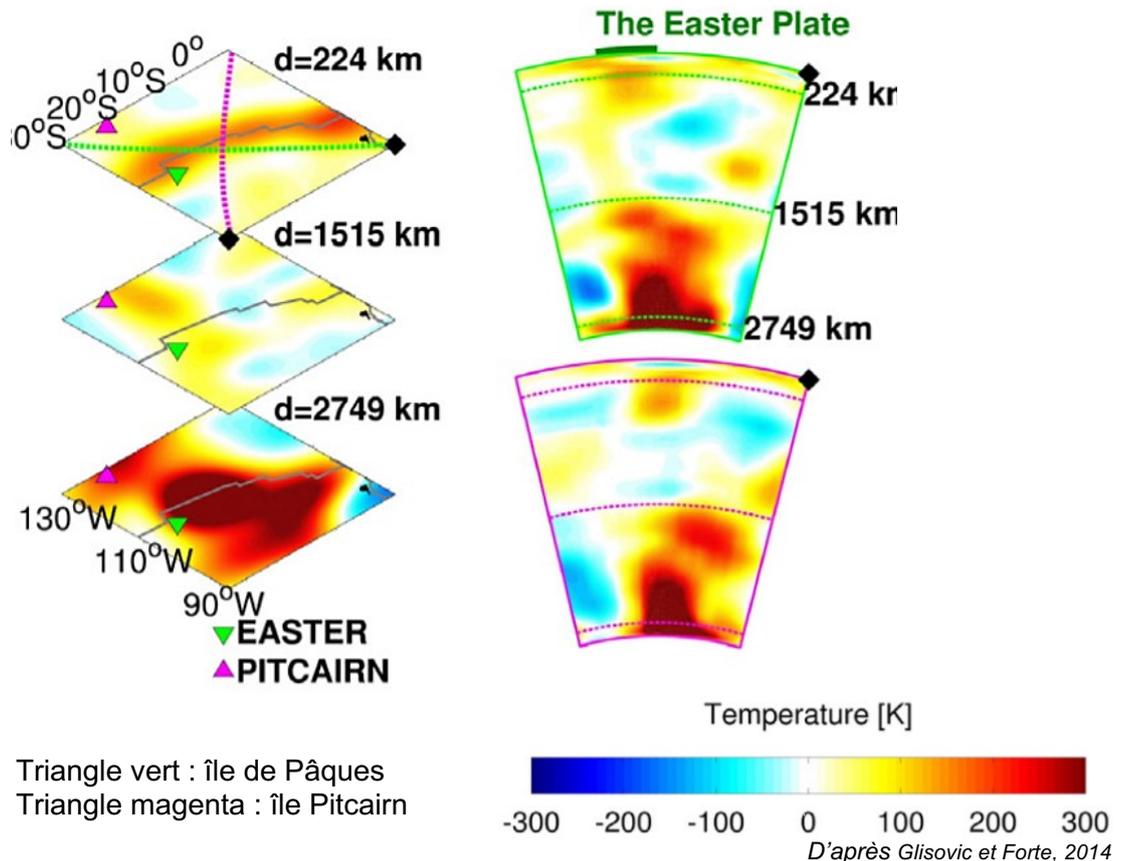


Remarque :  
 NR signifie Ride de Nazca  
 ESC signifie Easter Seamount Chain (chaîne sous-marine de l'île de Pâques)  
 cm/y = cm/an

*D'après Ray et al., Journal of petrology, 2012*

**Document 6 - Reconstitution de la dynamique mantellique sous la microplaque de l'île de Pâques à 5 Ma**

La tomographie sismique est une méthode utilisant l'enregistrement de tremblements de terre pour cartographier la structure interne de la Terre. Il a été possible, en utilisant des modèles mathématiques, d'évaluer la vitesse des ondes sismiques qui traversent le manteau. Cette vitesse des ondes sismiques dépend notamment de la température des matériaux traversés : l'enregistrement d'anomalies par rapport au modèle donne des indications sur une activité géologique particulière en profondeur. Des chercheurs ont utilisé cette technique afin de construire un modèle numérique de la convection dans le manteau dans la région de la microplaque de l'île de Pâques.



Triangle vert : île de Pâques  
 Triangle magenta : île Pitcairn

*D'après Glisovic et Forte, 2014*

# ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

