

**SVT, EPREUVE SUR SUPPORT DE DOCUMENTS**  
**GEOLOGIE**  
**Durée : 2 heures**

*L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par les moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.*

*Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.*

*Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le chef de centre qui vérifiera et éventuellement remplacera son sujet.*

**Quelques aspects de la convergence Inde-Eurasie**

La convergence Inde-Eurasie est responsable de l'édification de la plus étendue et la plus haute chaîne de montagne actuelle : l'Himalaya - Tibet.

Ce sujet propose d'étudier quelques aspects de cette zone. Il comporte 9 documents et 19 questions.

- **Vous répondrez aux questions posées en construisant méthodiquement votre argumentation sur l'analyse des documents proposés et sur vos connaissances.**

- Vous ne rédigerez ni introduction, ni conclusion générales autres que celles demandées explicitement.

- Les documents pourront être découpés et intégrés à la copie, **à condition d'être exploités.**

- Les **numéros des documents** étudiés et les **numéros des questions** seront clairement indiqués dans les réponses.

**Références bibliographiques :**

*Himalaya - Tibet : la collision continentale Inde – Eurasie ; G. Mascle et al.*

*Himalaya – Tibet le choc des continents ; collectif CNRS.*

*<http://geoscope.ipgp.fr/index.php/en/catalog/earthquake-description?seis=us20002926>;*

*Géoscope*

*Sciences de la Terre et de l'Univers ; Brahic et al.*

*Les roches mémoires du temps ; G. Mascles.*

*The metamorphism in the Central Himalaya ; A. Pecher, 1989.*

*Metamorphic phase equilibria and pressure temperature time paths ; F.S. Spear, 1995*

*Magmatism and metamorphism in the Ladakh Himalayas (the Indus-Tsangpo suture zone) ;*

*K. Honegger et al., 1982*

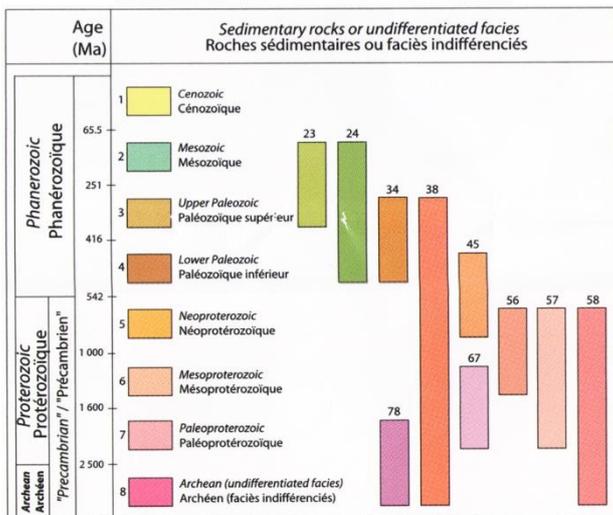
## Introduction : contexte général de la chaîne de montagne de l'Himalaya-Tibet

Cette introduction a pour objectif de permettre de caractériser le contexte global dans lequel s'est mise en place cette chaîne.

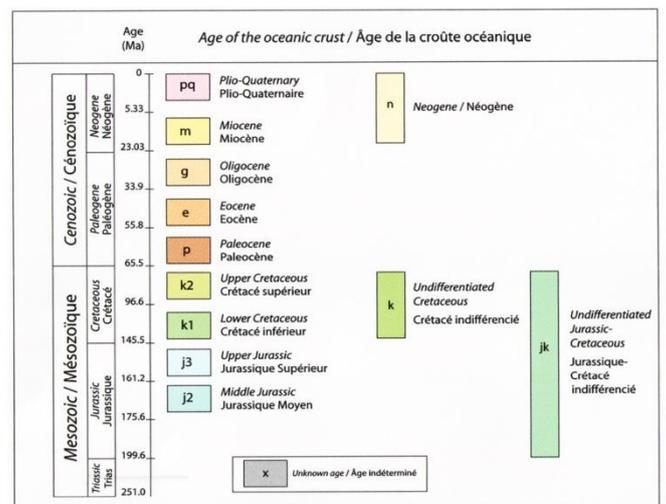
- 1) Après avoir donné une définition d'une plaque lithosphérique à la **surface** du globe, vous réaliserez un schéma structural présentant la localisation des différentes plaques lithosphériques visibles sur la carte du **document 1**. Vous justifierez vos délimitations.

**Document 1 a :** Extrait de la légende de la carte géologique du monde (source : *CCGM*)

**ONSHORE AREAS / ZONES ÉMERGÉES**  
(except Iceland / sauf Islande)



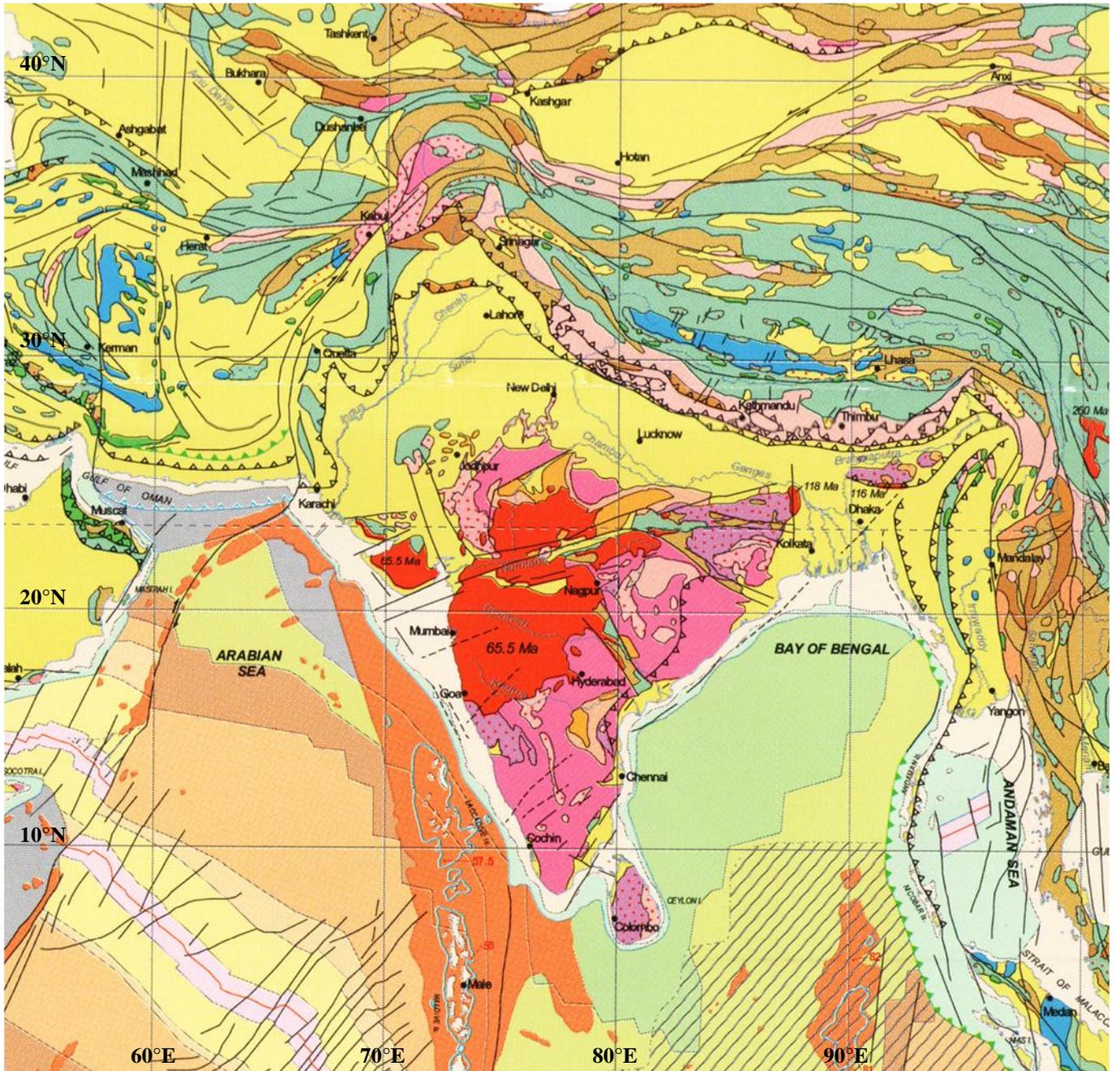
**OFFSHORE AREAS / ZONES SOUS-MARINES**  
(including Iceland / Islande incluse)



- 85 Ma Grande Province Magmatique (LIP) : Trapps avec indication de l'âge moyen en Ma.
- 89 Ma "Plateau océanique" (= LIP ; avec indication de l'âge moyen, en Ma)
- 49-57 Âge de la progression de la trace d'un point chaud (en Ma)

- 1 ———— Axe d'accrétion océanique (1 : active, 2 : fossile)
- 2 - - - - -
- Faille transformante, zone de fracture, faille
- Mouvement d'une faille transformante
- Zone de subduction active
- Zone de subduction naissante
- Zone de subduction fossile
- Front de chevauchement (zone en compression)
- Front de prisme d'accrétion sédimentaire sous-marin

**Document 1b :** Extrait de la carte géologique du monde (Source : CCGM).



## 1 : Structure et dynamique actuelles de la chaîne Himalayenne

Cette partie est consacrée à l'étude de la structure interne de la chaîne ainsi qu'à sa dynamique actuelle.

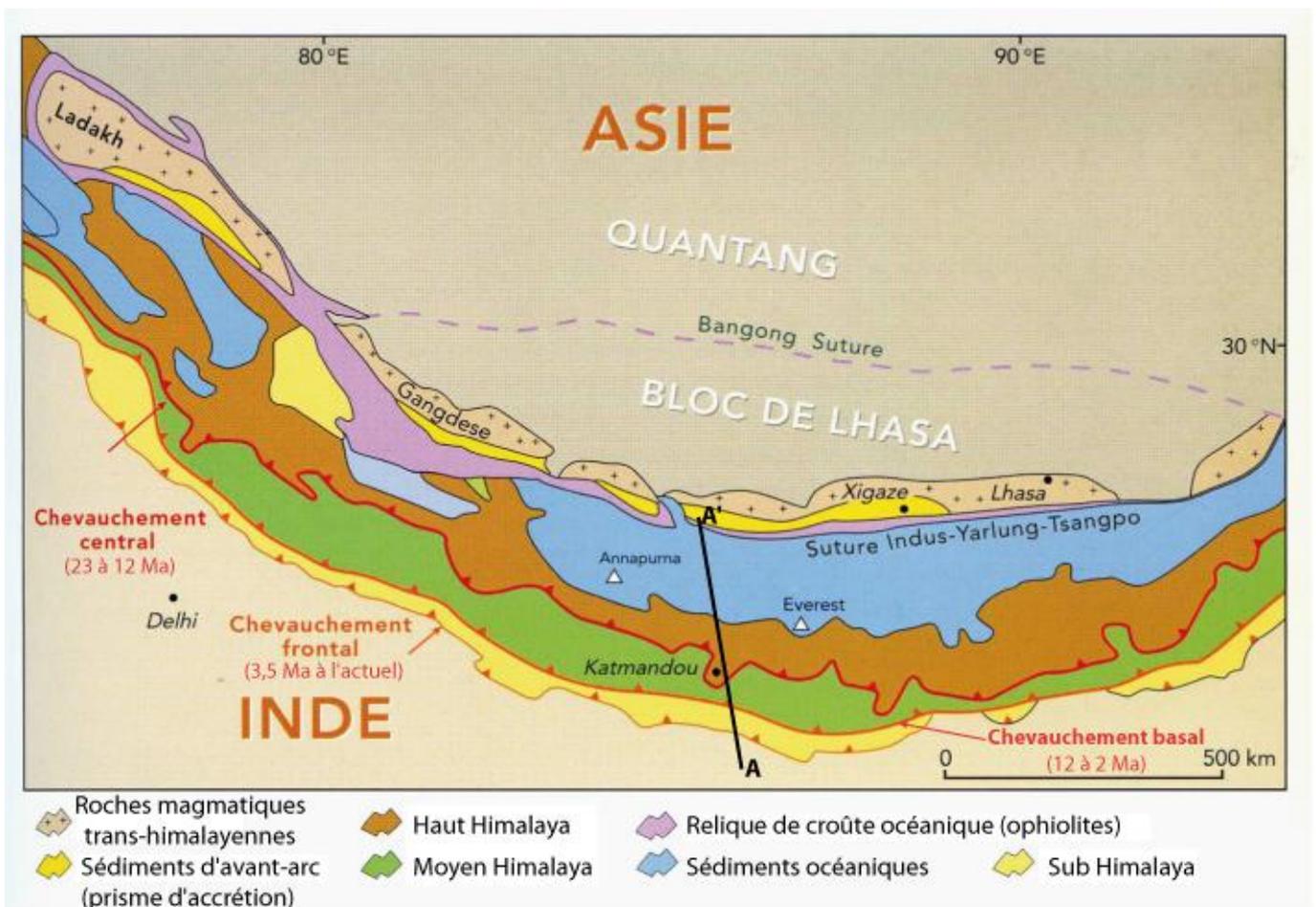
### 1.1 : Structure de la chaîne Himalayenne

La structure de la chaîne est étudiée depuis la surface vers la profondeur, à partir de données cartographiques et sismiques.

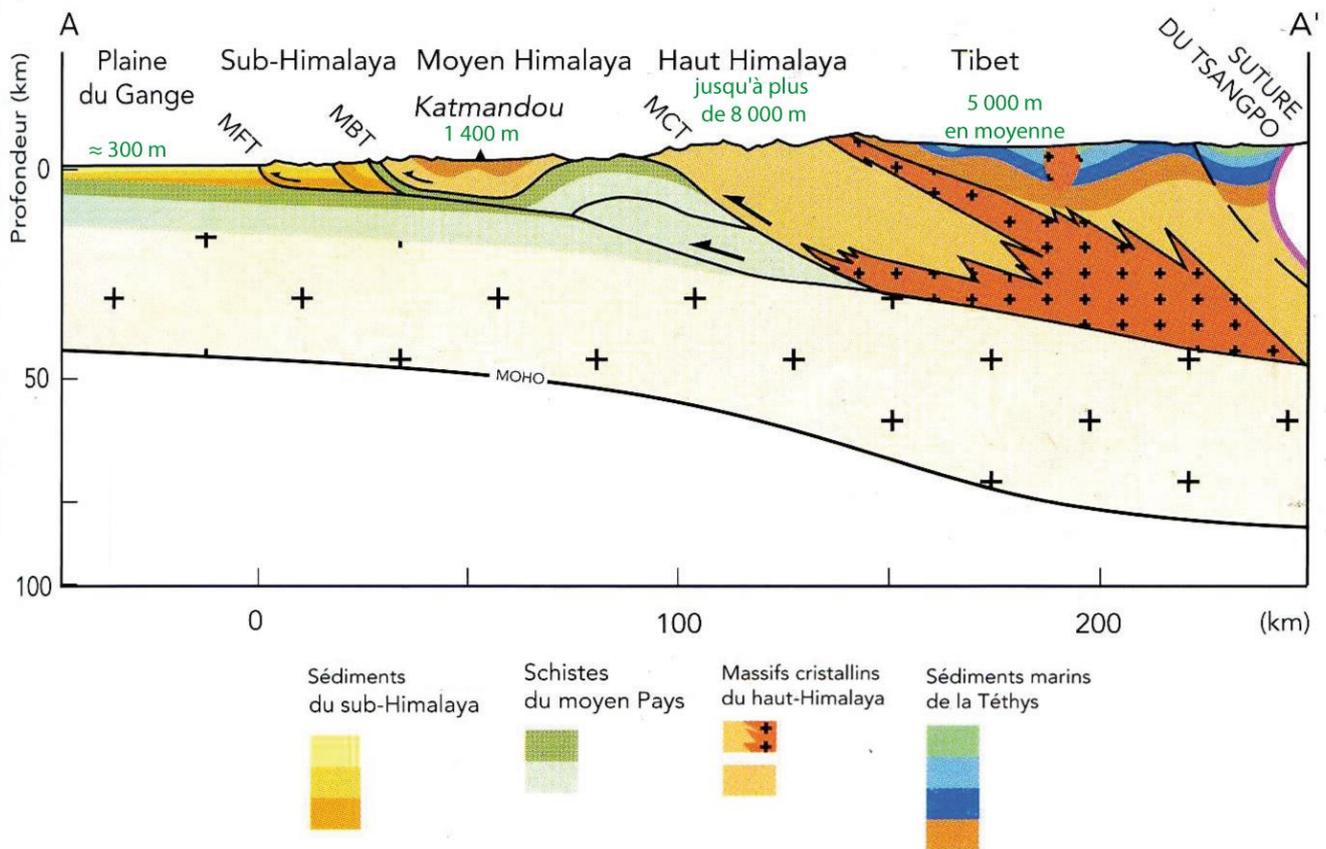
#### 1.1.1 : Organisation de surface de la chaîne

- 2) A partir de la carte (**document 2.a**), de la coupe (**document 2.b**) et de vos connaissances sur les Alpes et les zones de collisions en général, présentez les principaux traits structuraux de la chaîne himalayenne (**répondez en une demi-page maximum**).
- 3) Quelles informations apportent les principaux chevauchements, quant à la chronologie d'édification de la chaîne ?

**Document 2 a :** Carte géologique simplifiée de l'Himalaya. Les âges indiquent la période d'activité principale des grands chevauchements. Le terme de *suture* désigne la zone entre les deux lithosphères continentales présentant des reliques de lithosphère océanique (source : *Himalaya – Tibet le choc des continents*).



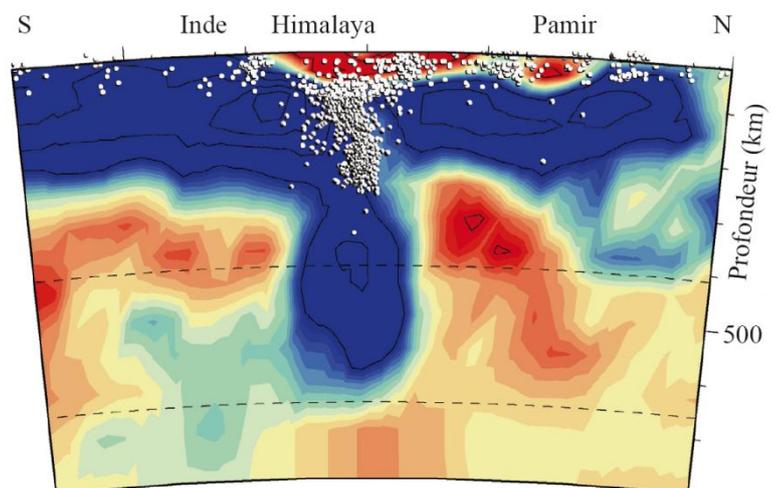
**Document 2 b :** Coupe simplifiée de la chaîne himalayenne suivant le profil A-A' localisé sur le **document 2 a**. On précise que MCT = chevauchement central, MBT = chevauchement basal et MFT = chevauchement frontal (source : *Himalaya – Tibet le choc des continents*).



### 1.1.2 : Organisation profonde de la chaîne

- 4) La structure profonde de la chaîne est étudiée par tomographie. Précisez ce qu'apporte le **document 3** sur la structure profonde de la zone (au-delà de 100 km de profondeur). Proposez une hypothèse quant au moteur de l'édification de la chaîne.

**Document 3 :** Profil de tomographie Nord-Sud à 71°E au niveau de la chaîne himalayenne. L'échelle en pourcentages d'anomalie de vitesse des ondes P va du rouge -0,5 % au bleu +0,5 %. Les points blancs marquent les foyers des séismes enregistrés dans la région (Source : *Himalaya - Tibet : la collision continentale Inde - Eurasie*).



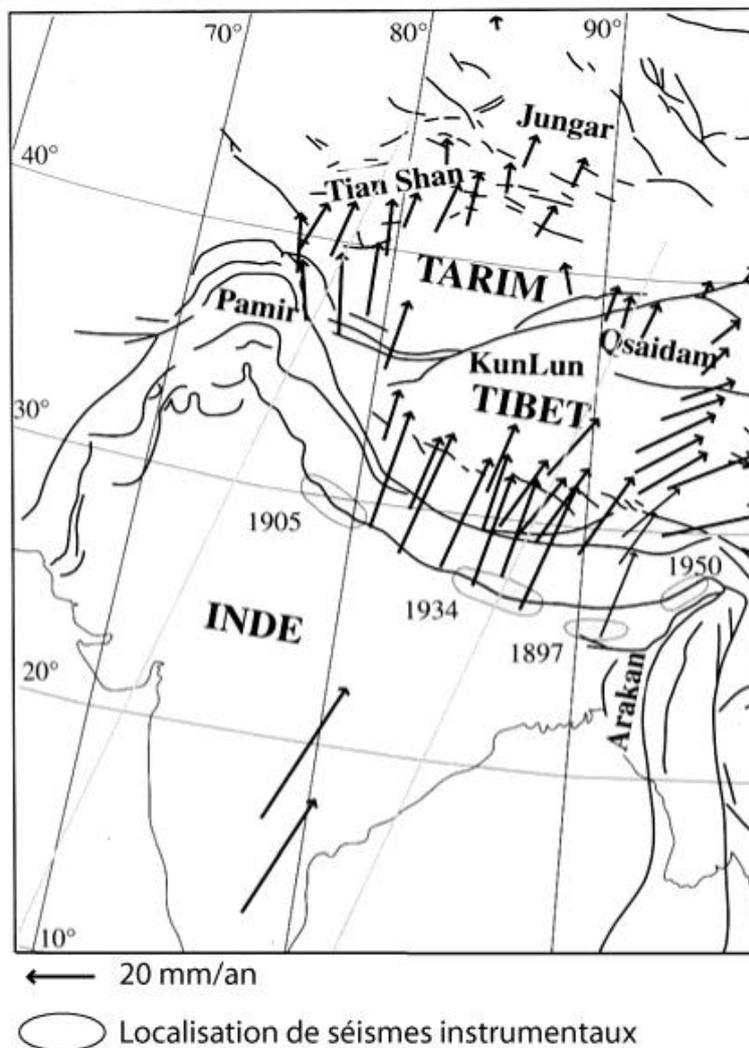
## 1.2 : Dynamique actuelle de la région

L'organisation de la chaîne venant d'être explicitée, nous allons maintenant nous intéresser à sa dynamique.

### 1.2.1 : Cinématique et risque sismique de la zone

- 5) Présentez les grands traits de la répartition spatiale des vecteurs vitesses GPS visibles sur le **document 4**.
- 6) D'après les données GPS, comment est accommodée la convergence entre l'Inde et l'Asie?
- 7) Vos conclusions sont-elles en accord avec la définition d'une plaque lithosphérique donnée en **question 1** ?

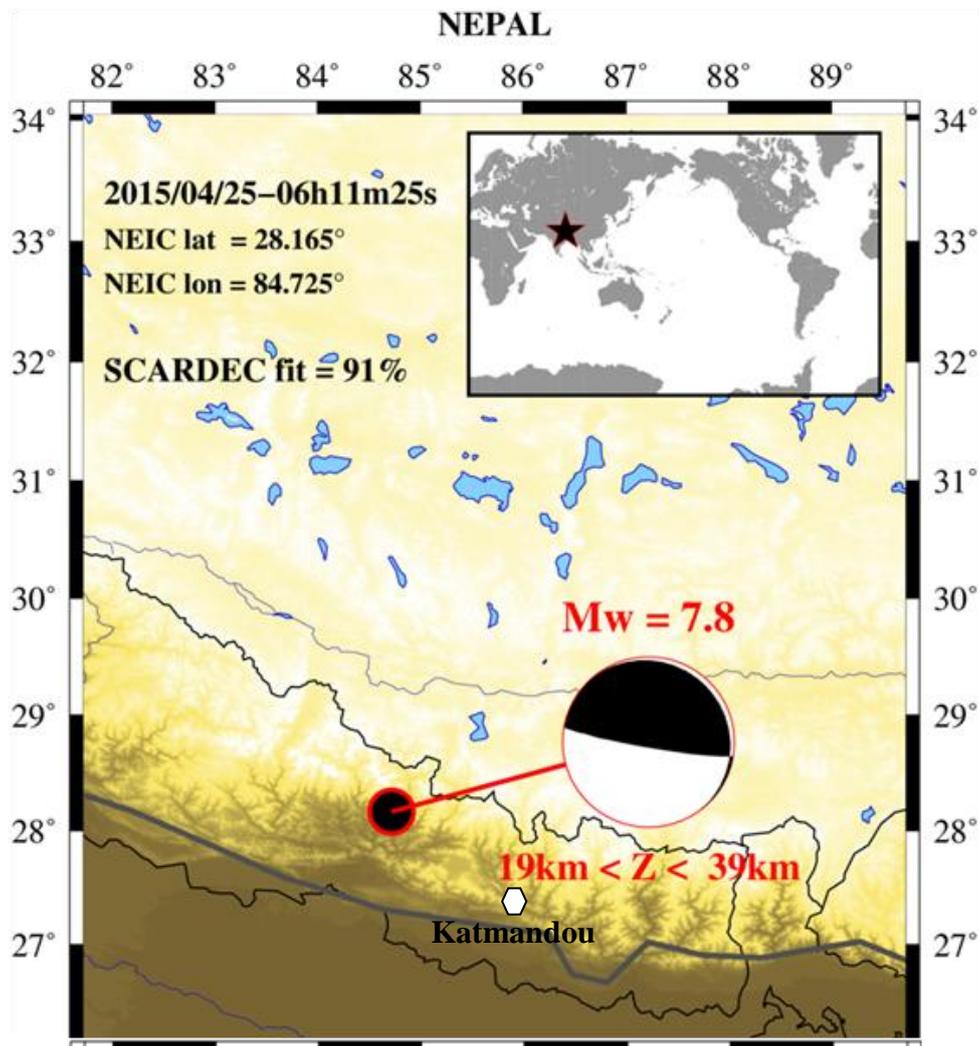
**Document 4 :** Carte des vitesses GPS de la zone himalayenne dans le référentiel Eurasie fixe. Le temps d'acquisition des différentes stations varie de quelques mois à une dizaine d'années. La position des principaux séismes instrumentaux c'est-à-dire ceux enregistrés par les sismomètres de stations sismiques sont localisés sur la figure. (Source : *Himalaya - Tibet : la collision continentale Inde - Eurasie*)



- 8) Le 25 avril 2015, un séisme de magnitude  $M_w = 7,8$  a eu lieu au Népal. Les caractéristiques de ce séisme sont fournies dans le **document 5**. A l'aide de ce document et des informations précédentes, caractérisez le mécanisme au foyer fourni et précisez, en le justifiant, lequel des deux plans nodaux est le plan de faille.
- 9) Après avoir défini ce qu'est le risque sismique, donnez deux modalités permettant de le limiter.

**Document 5 :** Carte présentant l'épicentre du séisme (cercle rouge à remplissage noir) et son mécanisme au foyer ; les latitude (NEIC lat), longitude (NEIC lon), profondeur (Z) et magnitude du séisme ( $M_w$ ) y sont précisées ainsi que la position approximative de Katmandou (hexagone blanc).

(Source : *Géoscope*).



On précise les coordonnées des plans nodaux :

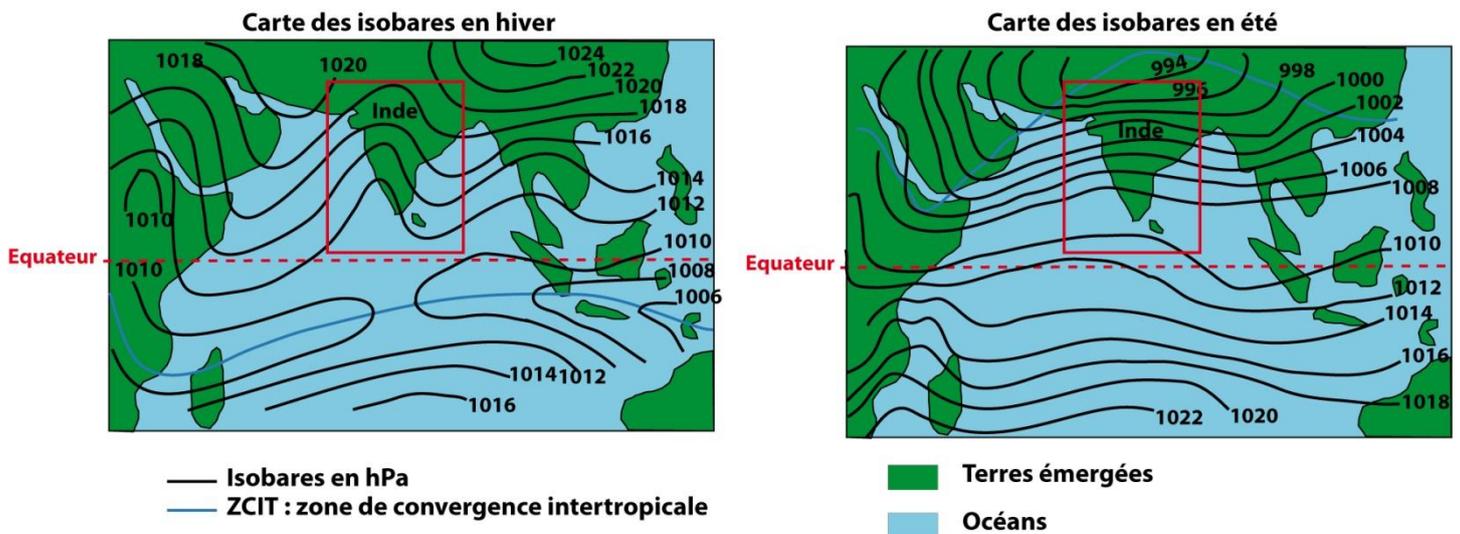
- Plan nodal 1 : N 085 85S
- Plan nodal 2 : N 133 07N

### 1.2.2 : Himalaya et dynamique atmosphérique : la mousson humide indienne

La présence de ce relief a des effets sur la dynamique atmosphérique. Son édification a entraîné la mise en place du régime de mousson (vents violents associés à des pluies intenses).

- 10) Tracez le plus précisément possible, dans les **rectangles rouges** des cartes du **document 6** (à **couper et à coller dans la copie**), le trajet des vents de surface au niveau de l'Inde. Vous justifierez votre tracé. Déduisez-en la période de l'année à laquelle doit avoir lieu la mousson humide en Inde.

**Document 6** : Cartes des pressions atmosphériques en janvier et en août au niveau de l'océan indien. (source : *Sciences de la Terre et de l'Univers* ; à **couper et à coller dans la copie**).



## 2 : Observations pétrologiques et grandes étapes d'édification de la chaîne

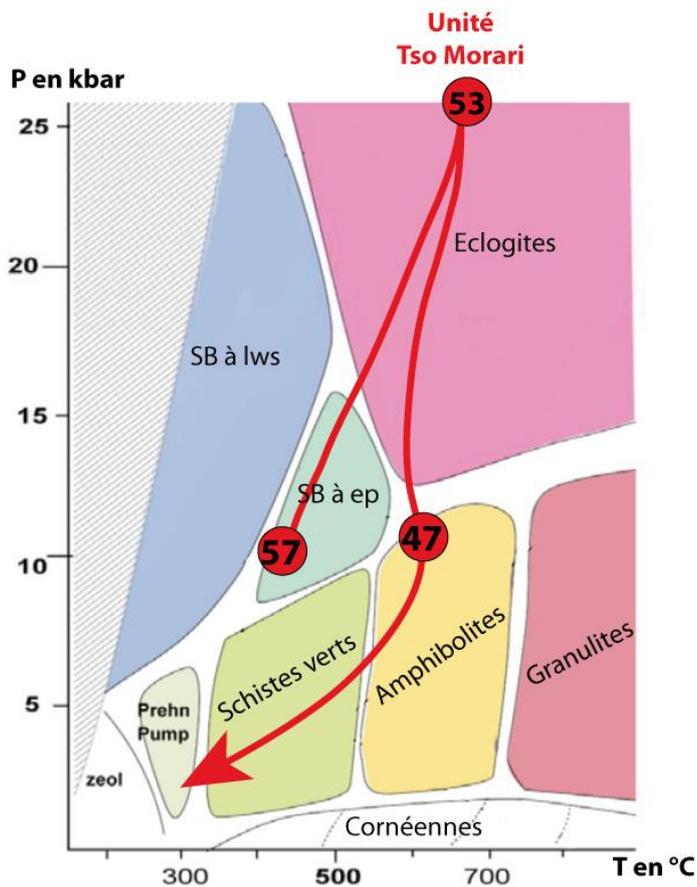
Cette partie propose, via l'étude des roches métamorphiques et magmatiques présentes dans la chaîne himalayenne, de comprendre les processus ayant permis son édification.

### 2.1 : Apports des observations de la pétrologie métamorphique

Au sein de la chaîne himalayenne, il existe deux grands types de métamorphisme : celui de la zone de suture et celui du Haut Himalaya. Ils apportent des informations complémentaires sur les processus à l'origine de cette chaîne de montagne.

#### 2.1.1 : Interprétation des données métamorphiques de la zone de suture

- 11) Les différents faciès métamorphiques sont représentés sur le **document 7**. Définissez ce qu'est un faciès métamorphique.
- 12) Le **document 7** présente un chemin pression température temps d'une roche échantillonnée dans la zone de suture (zone localisée sur les **documents 2**). Légendez les deux parties du chemin visible sur le **document 7** (à **couper et à coller dans la copie**) et indiquez leur signification géodynamique. Précisez quelle étape de l'histoire d'une roche métamorphique sépare les deux parties de ce chemin.
- 13) Sachant que les autres unités de la zone de suture suivent des chemins pression température temps proches, que vous apprend le **document 7** sur l'histoire de la formation de la chaîne himalayenne ?



**Document 7 :** Chemin pression température temps de l'unité Tso Morari de la zone de suture himalayenne localisée sur les **documents 2**. Les nombres dans les cercles colorés indiquent les âges en millions d'années obtenus à ces conditions pression et température.

SB à lws = Schistes Bleus à lawsonite ;

SB à ep = Schistes Bleus à épidote ;

zeol = zéolites ;

Prehn Pump = Préhnites Pumpellyites ;

La zone hachurée correspond à des conditions pression-température qui n'existent pas sur Terre.

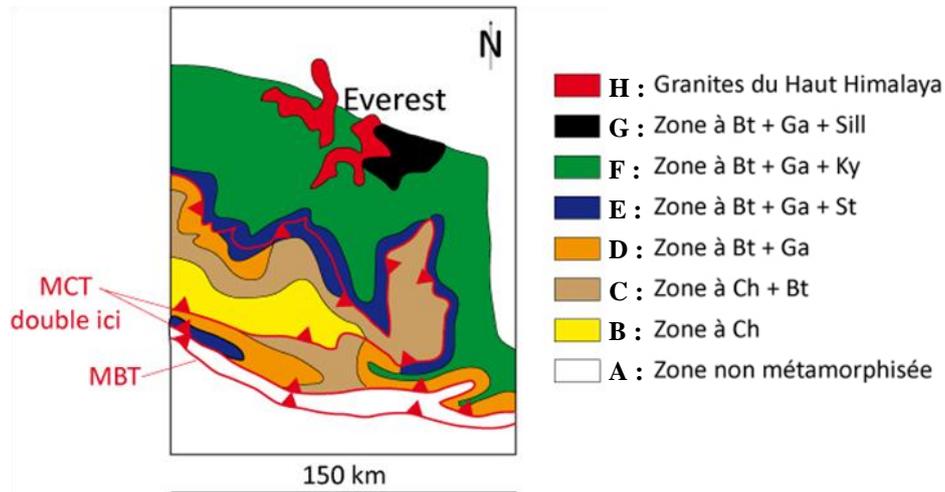
(à couper et à coller dans la copie)

### 2.1.2 : Interprétation des données métamorphiques du Haut Himalaya

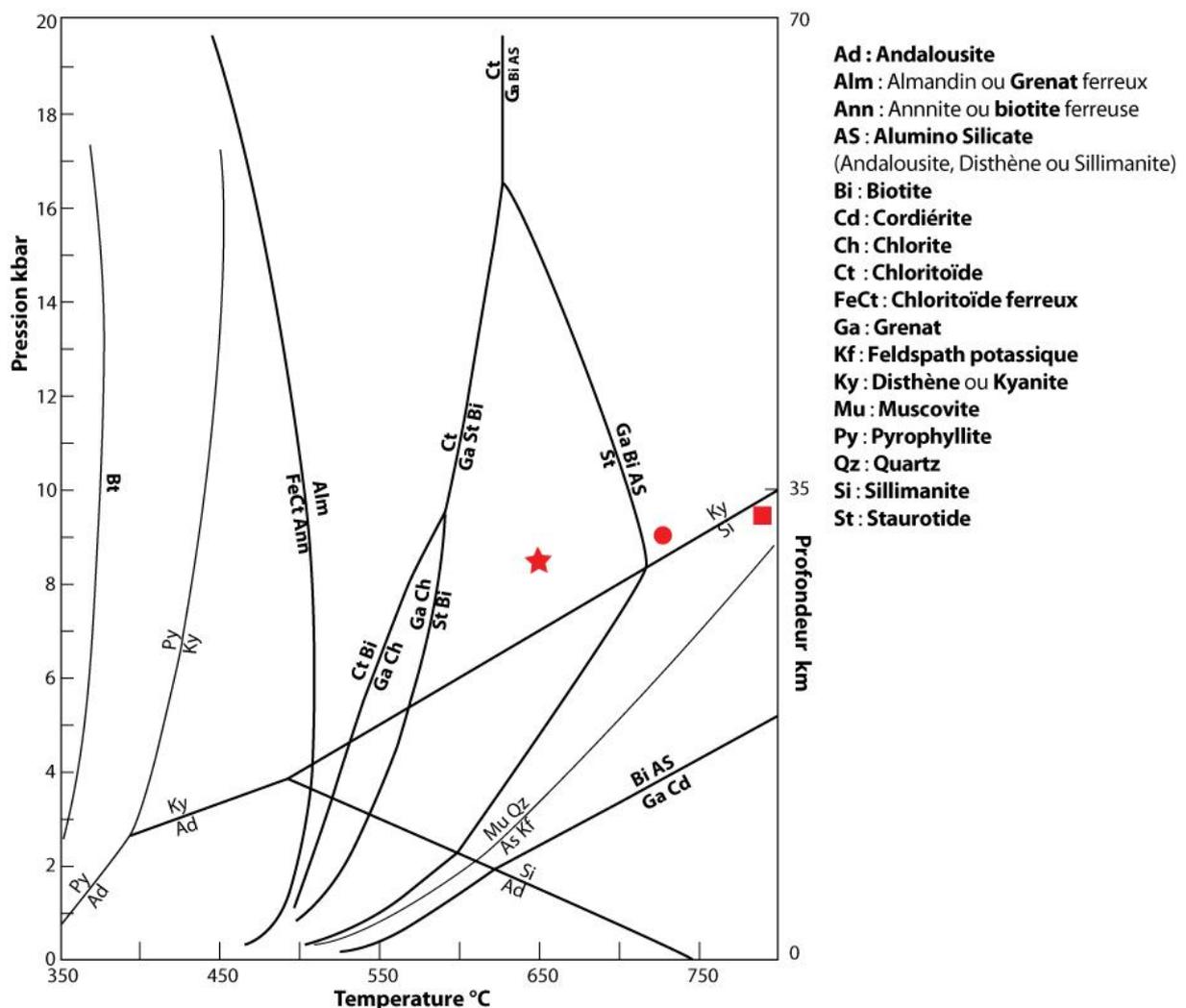
Le Haut Himalaya présente un autre type de métamorphisme : les caractéristiques de différentes roches de cette région sont présentées dans le **document 8**.

- 14) A l'aide du **document 8.a**, retrouvez les zones d'origine des roches dont le pic de métamorphisme est indiqué par un symbole (étoile, rond et carré rouges) sur le **document 8.b**.
- 15) Définissez ce qu'est un gradient métamorphique puis tracez celui de la région du Haut Himalaya sur le **document 8.b** (à couper et à coller dans la copie) et calculez sa valeur (l'application numérique sera approximée car réalisée sans calculatrice).
- 16) Sur le terrain, en se rapprochant des granites du Haut Himalaya, des roches du type de celle présentée sur le **document 8.c** affleurent. Déterminez cette roche en justifiant votre propos. Proposez une hypothèse quant à la formation des granites du Haut Himalaya.
- 17) Sachant que le métamorphisme du Haut Himalaya est daté entre 23 et 16 Ma, que vous apprennent les **documents 8** sur l'histoire géologique de la région ?

**Document 8.a :** Carte des isogrades du Haut Himalaya (zone autour du Mont Everest localisée sur le **document 2.a**). **Bt** = Biotite, **Ch** = Chlorite, **Ga** = Grenat, **Ky** = Disthène (ou Kyanite), **Sill** = Sillimanite, MCT = chevauchement central, MBT = chevauchement basal (modifié d'après Pecher, 1989).



**Document 8.b :** Grille pétrogénétique du système KFMASH (métapelites). (modifié d'après Spears, à couper et à coller dans la copie).



**Document 8.c :** Photographie d'une roche échantillonnée proche des granites himalayens. L'échantillon fait 8 cm de long.



**2.2 : Apports des observations de la pétrologie magmatique sur les roches trans-himalayennes**

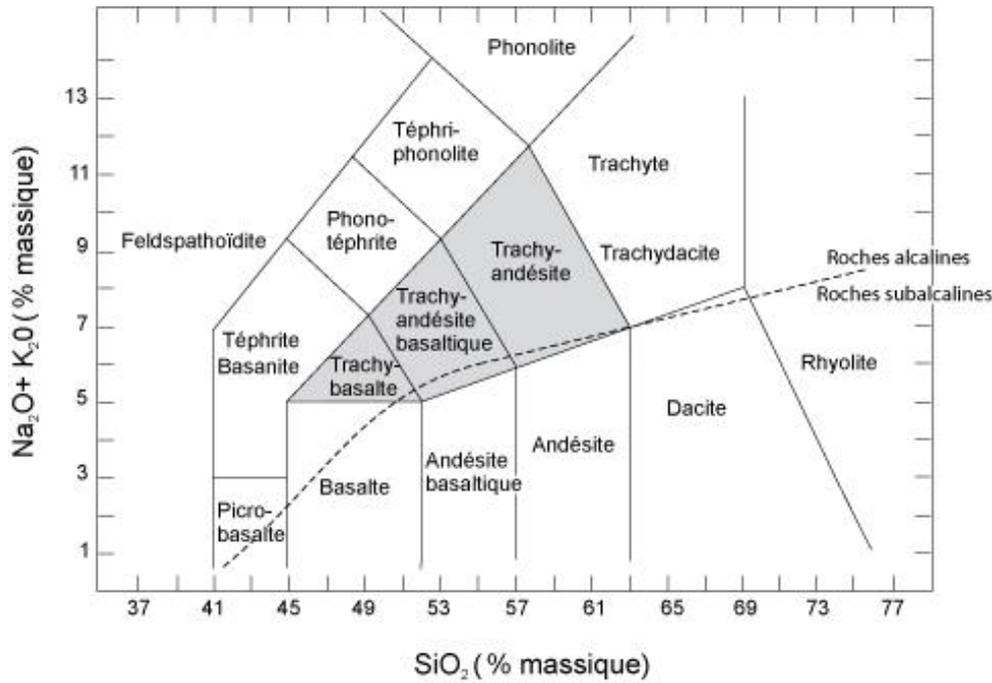
Outre le magmatisme à l'origine des granites du Haut Himalaya, il existe du magmatisme dit trans-himalayen se situant au Nord de la zone de suture (voir **document 2.a**). Ce magmatisme a présenté une intensité maximale entre 65 et 45 Ma.

18) A l'aide des **documents 9**, des informations précédentes et de vos connaissances, justifiez l'emploi du terme de « série magmatique » pour qualifier l'ensemble de ces roches volcaniques et déterminez le type de série qu'elles représentent.

**Document 9.a :** Tableau présentant le pourcentage pondéral en éléments majeurs de trois roches volcaniques trans-himalayennes. **FeO\*** = fer total quelque soit son état redox. (source : *K. Honegger et al, 1982*)

Oxydes	Roche 1	Roche 2	Roche 3
SiO <sub>2</sub>	45,47	60,89	73,85
TiO <sub>2</sub>	0,23	0,99	0,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,56	15,76	14,24
FeO*	4,56	6,94	1,44
MnO	0,07	0,12	0,08
MgO	5,24	2,88	0,47
CaO	14,76	6,23	1,74
Na <sub>2</sub> O	1,04	3,31	4,32
K <sub>2</sub> O	0,10	1,68	1,98
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,22	0,11
H <sub>2</sub> O	1,42	0,91	1,34
<b>Total</b>	<b>99,49</b>	<b>99,93</b>	<b>99,76</b>

**Document 9.b :** Diagramme total alcalin en fonction de la silice (TAS)



**Conclusion : les grandes étapes de la formation de la chaîne**

- 19) En bilan de tout ce qui a été vu dans la **partie 2** ainsi que lors de l'étude des **documents 2** et **4**, faites une frise temporelle sur laquelle vous reporterez la succession des grands processus ayant permis l'édification de cet orogène. Vous y préciserez les différents marqueurs étudiés qui vous ont permis de caractériser ces processus.

**FIN DE L'ÉPREUVE**