

SVT, ÉPREUVE SUR SUPPORT DE DOCUMENTS

Géologie

Durée conseillée : 1 h 45

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 des moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.

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 surveillant qui contrôlera et éventuellement remplacera le sujet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1 à 12 et une annexe format A3 à rendre avec la copie.

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.

Quelques aspects des mouvements horizontaux et verticaux en Iran

Ce sujet est constitué de trois thèmes indépendants. Le premier thème est divisé en sous parties partiellement indépendantes, la dernière en faisant la synthèse.

- Le candidat s'appuiera essentiellement sur une analyse des documents pour répondre aux questions posées au fur et à mesure des documents ;
- Le candidat ne doit pas rédiger de longs développements de ses connaissances sur le thème, indépendamment de l'exploitation des documents et des questions posées ;
- La concision des réponses et l'exploitation des documents sans paraphrase seront valorisées.
- Aucune introduction ou conclusion générale n'est demandée.

Références

- [1] **Bird (2003)**
An updated digital model of plate boundaries– *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*
- [2] **Bonvalot et al. (2012)**
2012. World Gravity Map.– *Commission for the Geological Map of the World. Eds. BGI-CGMW-CNES-IRD, Paris*
- [3] **Ekström et al. (2012)**
The global CMT project 2004–2010 : Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes– *Physics of the Earth and Planetary Interiors*
- [4] **Motagh et al. (2017)**
Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time-series and in situ measurements– *Engineering Geology*
- [5] **Omrani et al. (2008)**
Arc-magmatism and subduction history beneath the Zagros Mountains, Iran : A new report of adakites and geodynamic consequences– *Lithos*
- [6] **Pollastro et al. (1999)**
Surficial geology of Iran (geo2cg)– *U.S. Geological Survey, Central Energy Resources Team*
- [7] **Rahmani et al. (2019)**
Deep velocity image of the north Zagros collision zone (Iran) from regional and teleseismic tomography– *Geophysical Journal International*
- [8] **Styron et Pagani (2020)**
The GEM Global Active Faults Database– *Earthquake Spectra*
- [9] **Tatar et al. (2002)**
The present-day deformation of the central Zagros from GPS measurements– *Geophysical Research Letters*

Thème 1 – Étude géodynamique du Zagros et de la zone Sanandaj-Sirjan

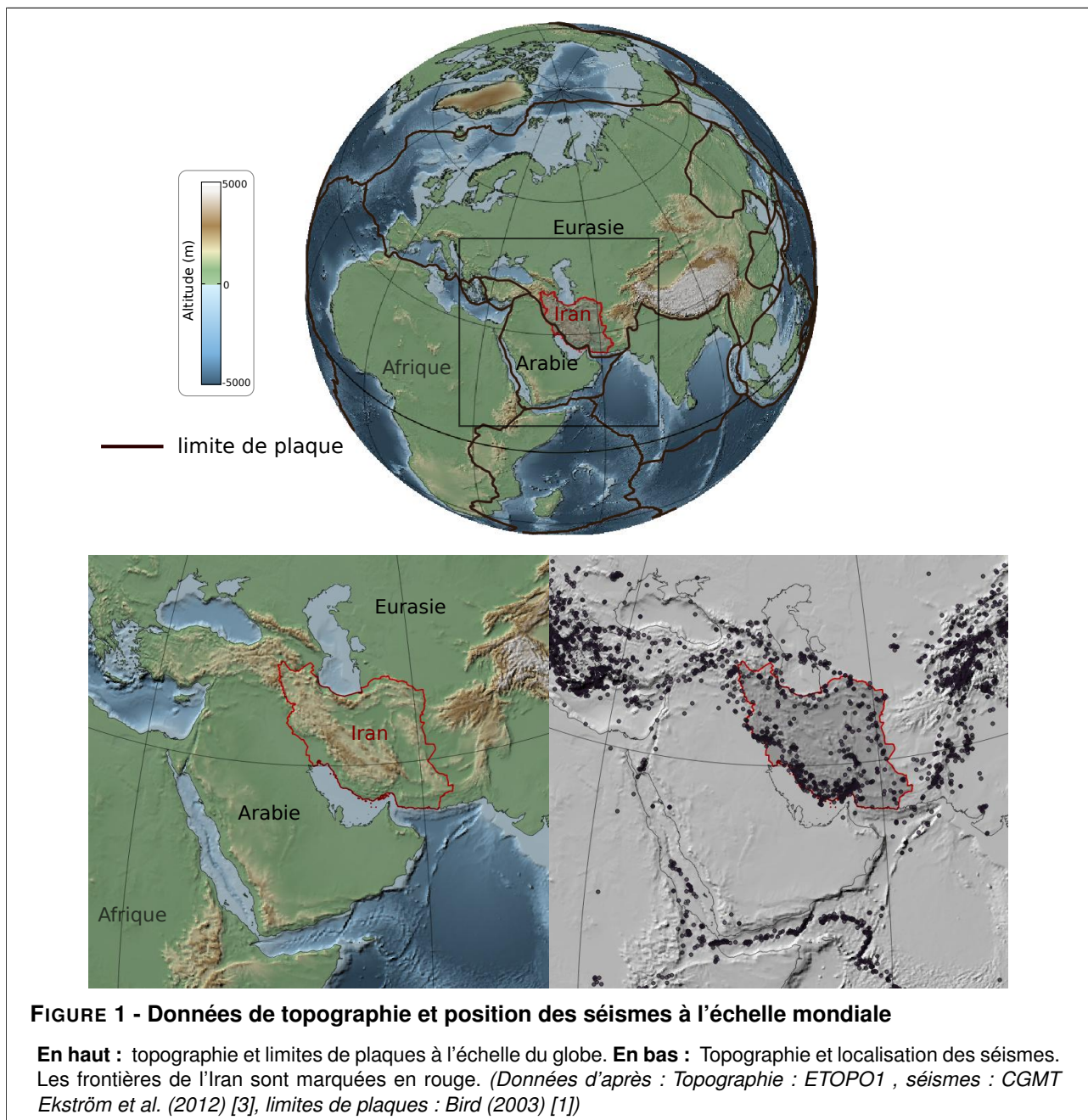
1.1 Analyse géophysique

Cette première partie se propose d'étudier à l'échelle du pays les deux régions les plus occidentales de l'Iran que nous allons étudier dans ce sujet : le Zagros et la zone Sanandaj – Sirjan. Les figures 1 à 5 présentent des résultats d'études géophysiques (gravimétrie, mesures sismiques, déformation et tomographie).

Question 1

La figure 1 du haut montre la position des principales limites de plaques. À partir de cette figure :

- donnez des arguments permettant d'identifier l'Arabie comme une plaque indépendante
- identifiez le type de limite de plaque entre l'Arabie et l'Afrique



Question 2

Analysez la figure 2 pour déterminer quelques caractéristiques de la croûte de la zone étudiée (Zagros / Sanandaj – Sirjan).

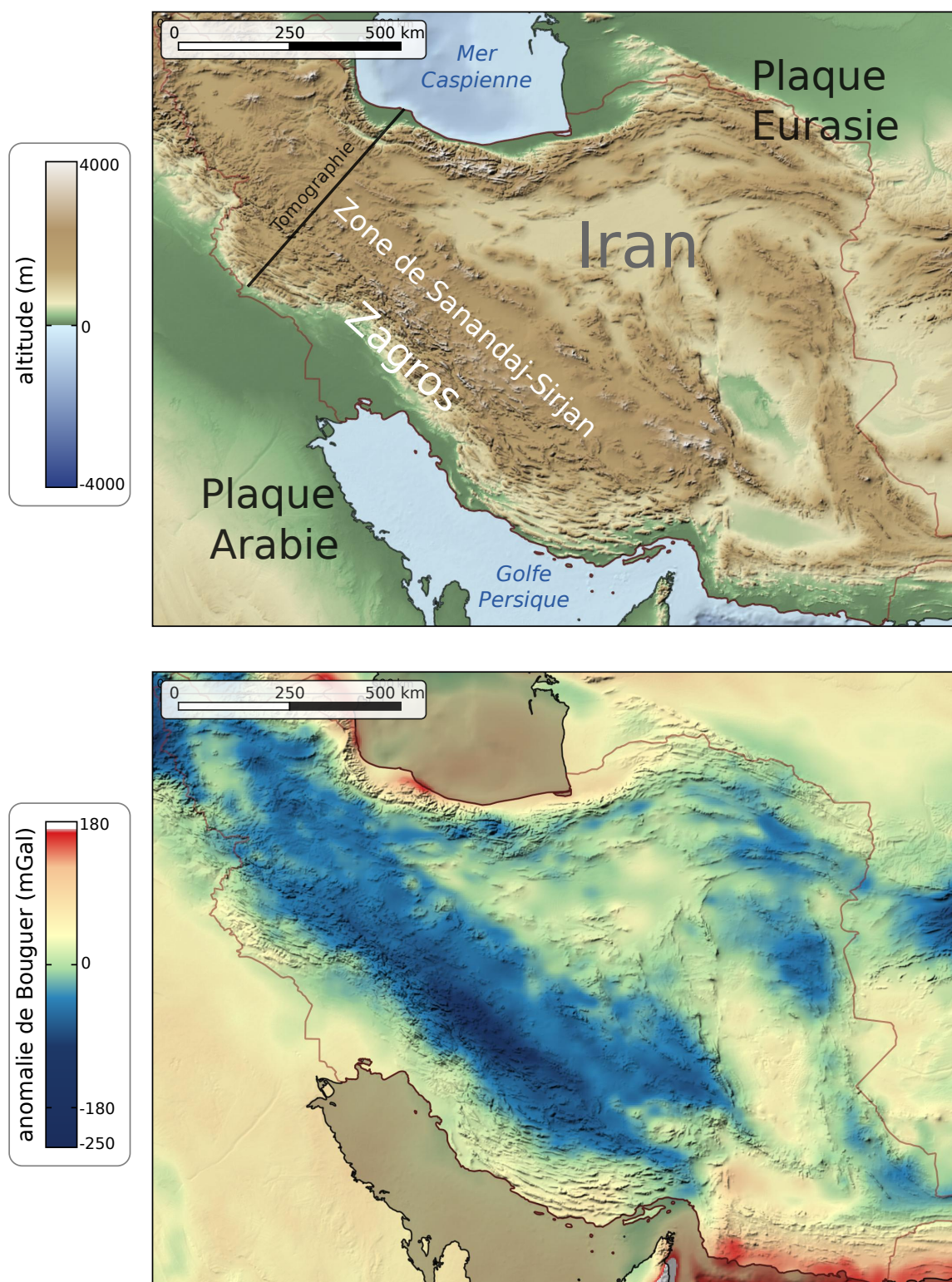


FIGURE 2 - Carte de l'altitude (Haut) et de l'anomalie de Bouguer (Bas) en Iran

Sur la carte de topographie, les principales régions étudiées sont reportées, ainsi que la position d'une tomographie présentée à la figure 5. (*Topographie : ETOPO1 – Anomalies de Bouguer : Bonvalot et al. (2012) [2]*)

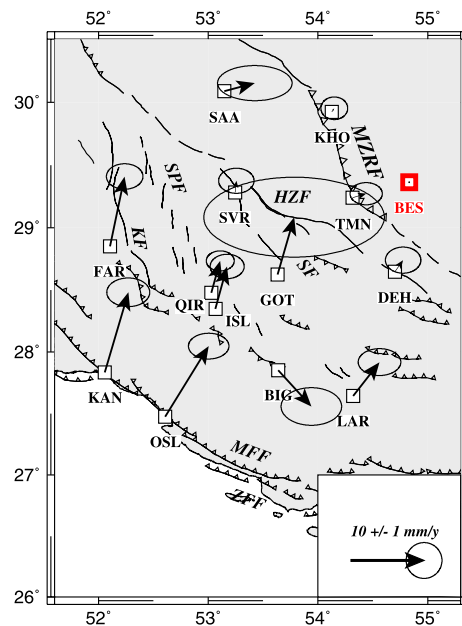
Question 3

À partir de la figure 3, décrivez au premier ordre la norme et la direction des déplacements des stations dans le Zagros en fonction de leur distance à la station BES, et tirez-en des conclusions concernant la région au sud-ouest de la MZRF.

FIGURE 3 - Résultats de mesures du réseau GPS iranien dans les régions du Zagros Sanandaj – Sirjan.

Les vecteurs vitesse sont représentés relativement à la station BES (dans la région centrale de Iran, au Nord de la MZRF), supposée fixe. Les valeurs sont exprimées en millimètres par an. Les ellipses contiennent l'intervalle de confiance à 95 %.

MZRF correspond à un accident majeur de la région (Main Zagros Reverse Fault), et la zone couverte est indiquée dans l'encart 1 de la figure 4. (D'après Tatar et al. (2002) [9])



Question 4

À partir de la figure 4 et des observations faites à la question précédente :

- identifiez l'orientation et le jeu des principales failles actives dans le Zagros Sud (encart 1 de la figure 4) ;
- proposez une origine au jeu des séismes dans le Zagros dans son ensemble.

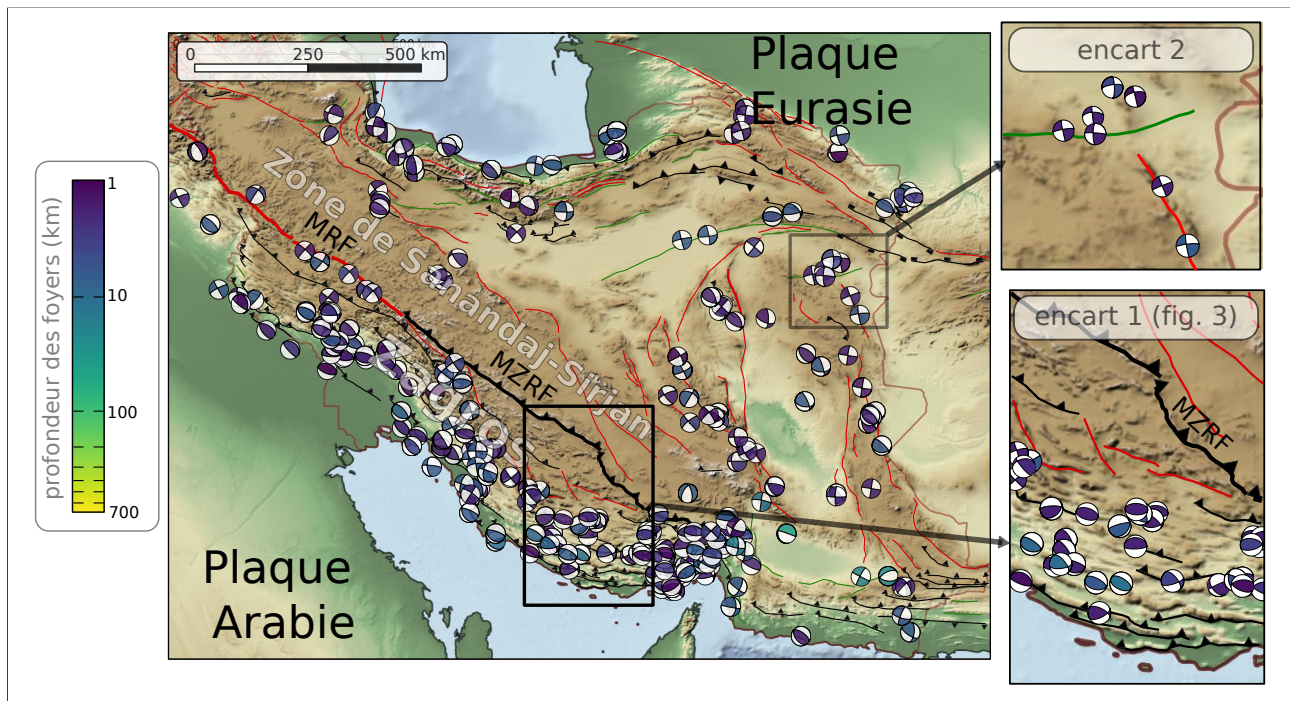


FIGURE 4 - Mécanismes au foyer des séismes enregistrés en Iran entre 1976 et 2007

Les failles en noir sont des failles normales ou inverses, les failles rouges et vertes sont à jeu indéterminé. La couleur des symboles de mécanismes au foyers indique la profondeur du foyer (tous les foyers ont une profondeur inférieure à 100 km). Les accidents majeurs entre le Zagros et la zone de Sanandaj-Sirjan sont indiqués. MZRF : Main Zagros Reverse Fault. MRF : Main Recent Fault. L'encart 1 dans le Zagros positionne la figure 3. (données d'après : Failles : Styron et Pagani (2020) [8], séismes : CGMT Ekström et al. (2012) [3])

Question 5

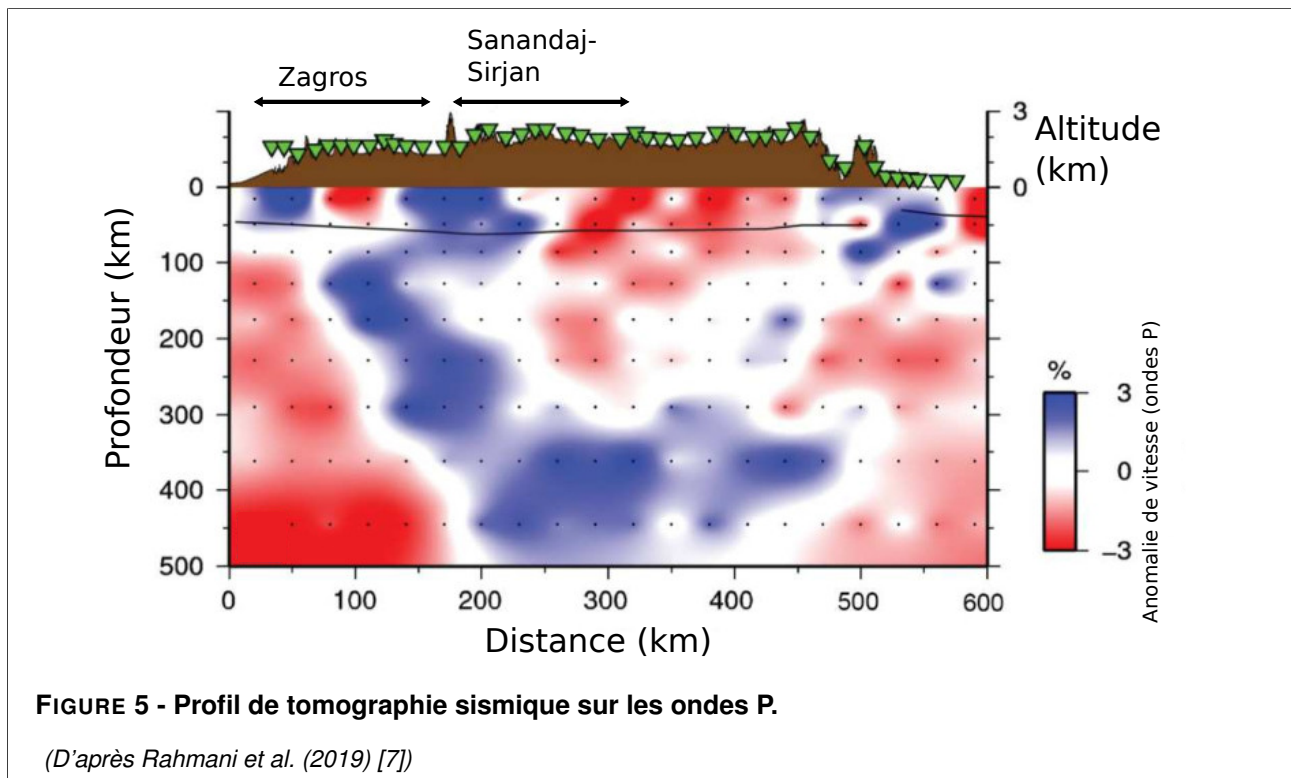
Sur l'encart 2 de la figure 4, deux failles du Nord-Est de l'Iran sont présentées ainsi que plusieurs symboles de mécanismes au foyer :

- sur la copie de cet encart de l'annexe A3, dessinez le jeu des deux failles, puis proposez un lien entre ces deux failles que vous justifierez ;
- dessinez, si possible, l'ellipsoïde de déformation et l'ellipsoïde de contraintes associés à ces deux failles ;
- expliquez si le jeu de ces failles peut être expliqué par la même cause que les failles du Zagros.

Question 6

La figure 5 présente une tomographie sismique, dont la position est indiquée à la figure 2 :

- présentez le principe d'obtention d'une tomographie et précisez ce que signifie « anomalie de vitesse »
- interprétez le profil tomographique puis précisez le contexte géodynamique de l'Ouest Iranien (zones Zagros et Sanandaj – Sirjan).
- proposez une hypothèse à l'origine du mouvement relatif de la plaque Arabie par rapport à la plaque Eurasie identifiable à la figure 3.



1.2 Les roches magmatiques de la zone Sanandaj–Sirjan

Dans la zone Sanandaj – Sirjan, on trouve un complexe de roches magmatiques datées du mésozoïque et du cénozoïque. La composition chimique d'une de ces roches est donnée à la figure 6.

Question 7

- Placez l'échantillon 1 dans les diagrammes donnés dans l'annexe A3.
- À partir des diagrammes de la figure 7, indiquez le(s) contexte(s) géodynamique(s) de mise en place de ces roches. Justifiez succinctement.

Échantillon	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	51.50	0.89	17.06	2.80	5.88	0.14	5.22	8.24	2.74	0.61	0.17

FIGURE 6 - Analyse géochimique d'une roche magmatique plutonique de la zone Sanandaj- Sirjan.

(D'après Omrani et al. (2008) [5])

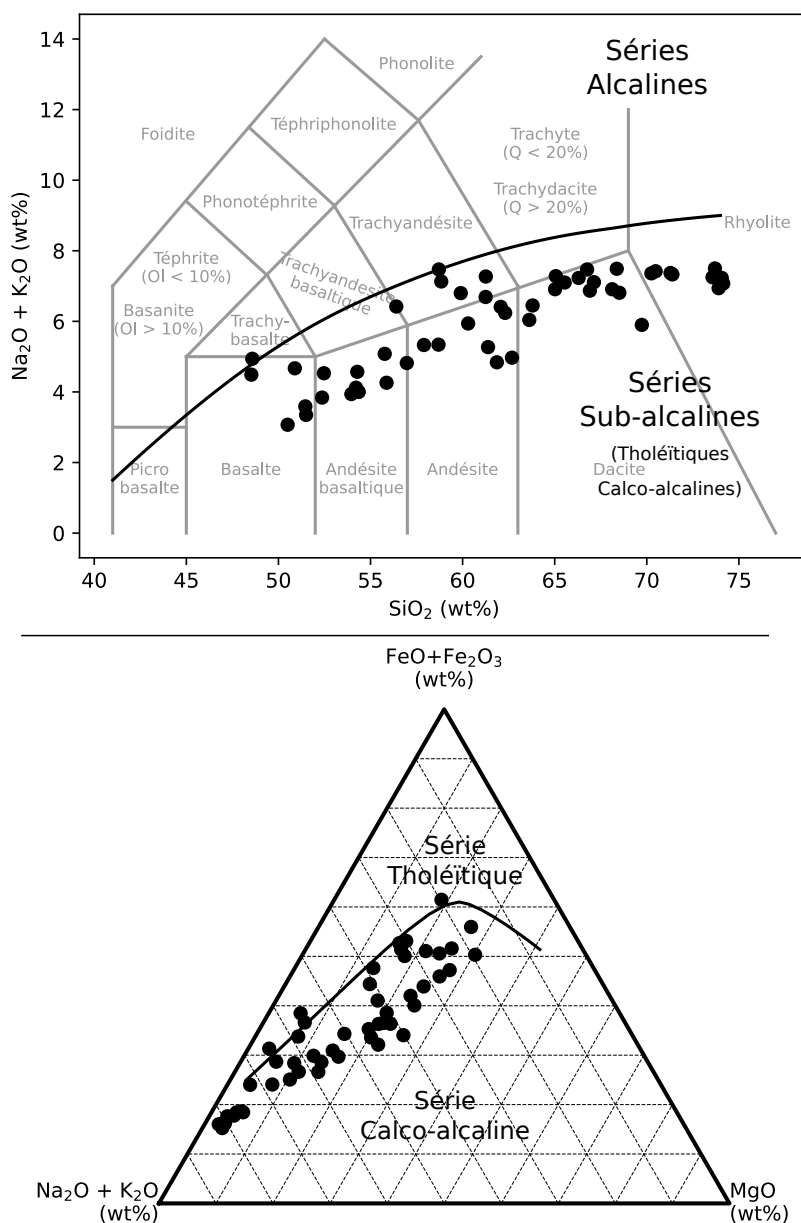


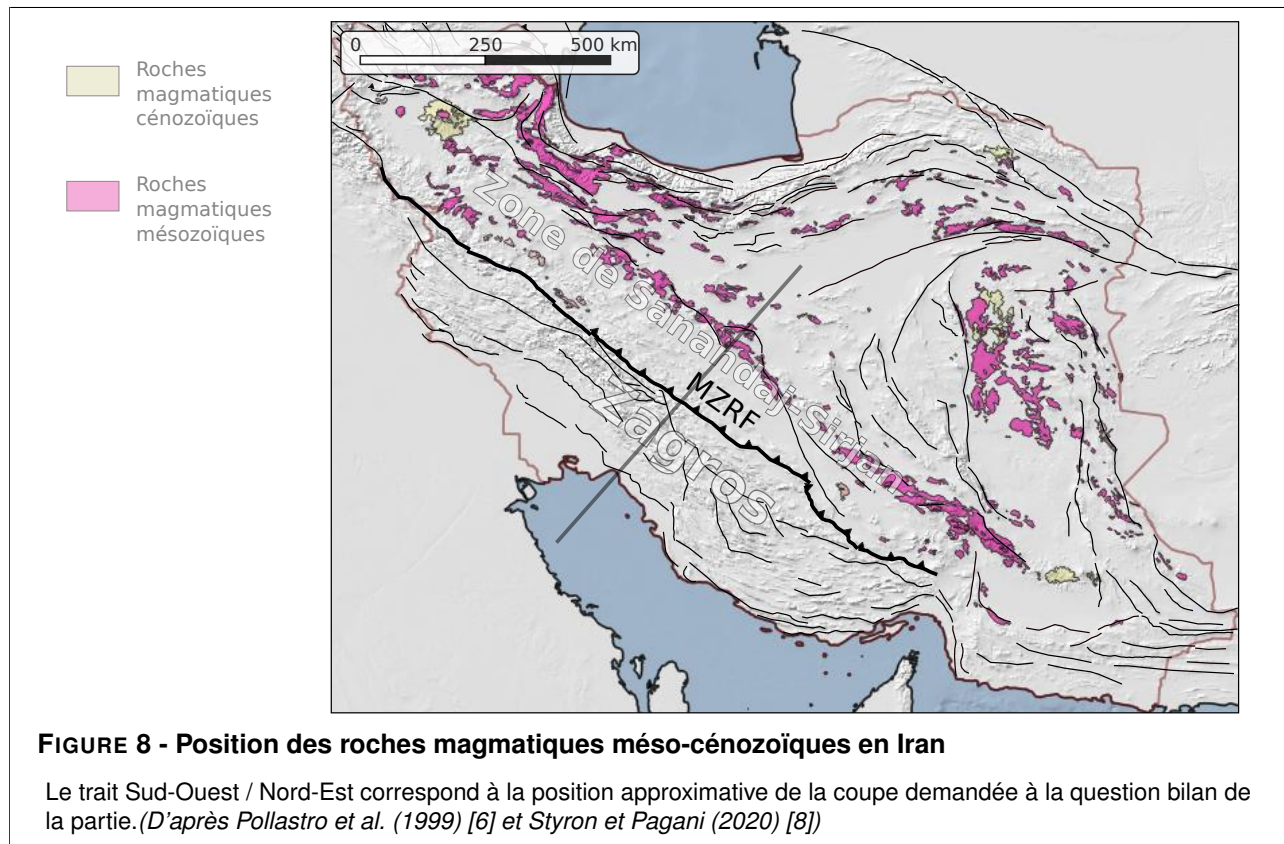
FIGURE 7 - Position des différents échantillons dans les diagrammes TAS et AFM

(D'après Omrani et al. (2008) [5])

Question 8

La figure 8 montre la répartition du magmatisme méso-cénozoïque en Iran :

- décrivez la position des roches magmatiques dans la zone du Sanandaj-Sirjan
- reliez la mise en place de ces roches au contexte géodynamique actuel de l'Iran décrit dans la partie 1.1.



1.3 Bilan de la partie

Question 9

À partir des informations extraites des figures 2 à 8, réalisez dans l'encart de l'annexe A3 prévu à cet effet, des coupes qui présentent la géodynamique actuelle et mésozoïque du Zagros et de la zone Sanadaj-Sirjan. Vos coupes passeront approximativement par le trait donné en figure 8 et rendront compte des conclusions tirées des différentes questions de cette partie.

Pour la coupe actuelle, un profil topographique approximatif actuel est fourni.

Vos coupes prendront en compte une épaisseur réaliste des croûtes et des lithosphères, mais on ne différenciera pas croûte inférieure et supérieure.

Thème 2 – Risques géologiques liés aux mouvements verticaux dans la plaine de Rafsanján

Dans la plaine de Rafsanján (rectangle noir du médaillon de la figure 9), une zone pourtant peu active tectoniquement du centre de l'Iran, de très nombreux petits séismes sont enregistrés. Certains d'entre eux provoquent des déformations dans les roches de surface (voir figure 10) et parfois des dégâts sur les infrastructures.

L'objectif de cette partie est de comprendre leur origine, en étudiant un possible lien avec un aquifère (une roche poreuse agissant comme réservoir d'eau) dans lequel sont connectés de très nombreux puits de pompage (points noirs sur l'image satellitale de la figure 9).

Question 10

À partir de l'étude des figures 9 à 12, réalisez dans l'encart de l'annexe A3 prévu à cet effet, un schéma commenté ou une carte mentale présentant vos hypothèses sur les relations de causalité permettant d'expliquer les déformations de la région à différentes échelles.

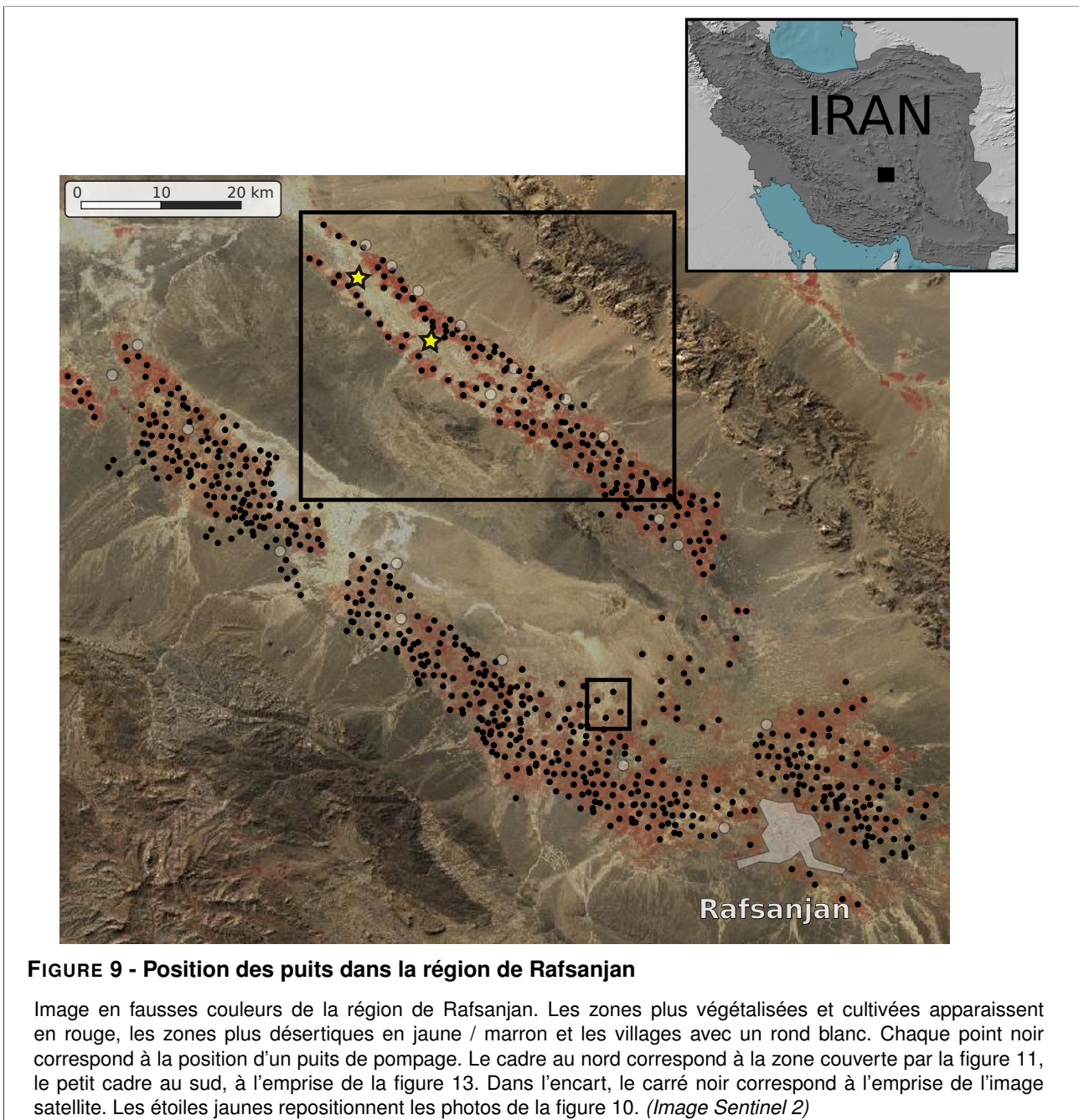




FIGURE 10 - Photographies des déformations cassantes dans les couches superficielles de la plaine de Rafsanj

Les localisations des photos sont données aux figures 9 et 11. Les flèches de l'image de droite montrent deux directions différentes de la déformation. (D'après Motagh et al. (2017) [4])

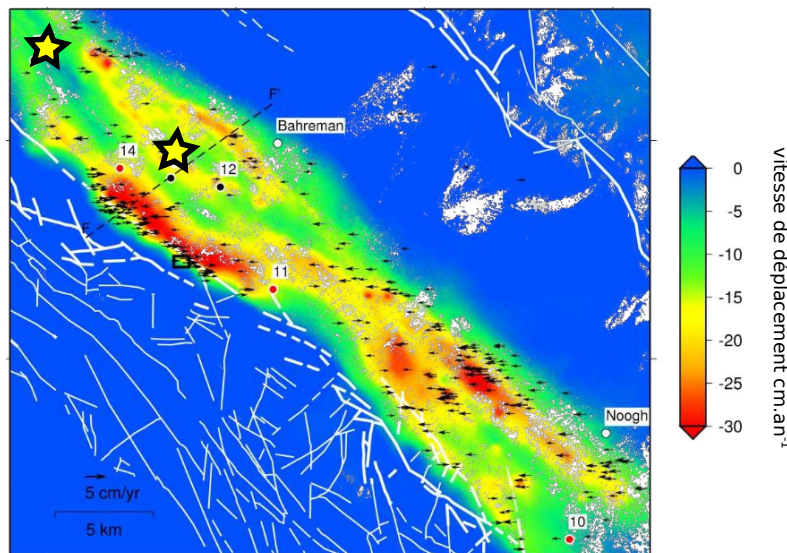


FIGURE 11 - Mouvements verticaux mesurés par InSAR

Carte de la composante verticale de la déformation enregistrée dans la plaine de Rafsanj entre 2015 et 2016 par interférométrie radar. Les flèches noires correspondent à la composante Est-Ouest de la déformation. Les étoiles correspondent aux photos de la figure 10. (D'après Motagh et al. (2017) [4])

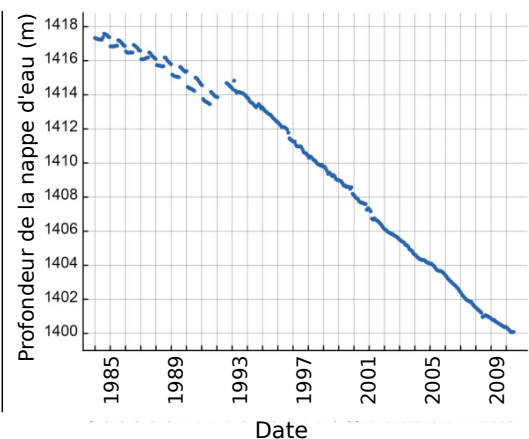
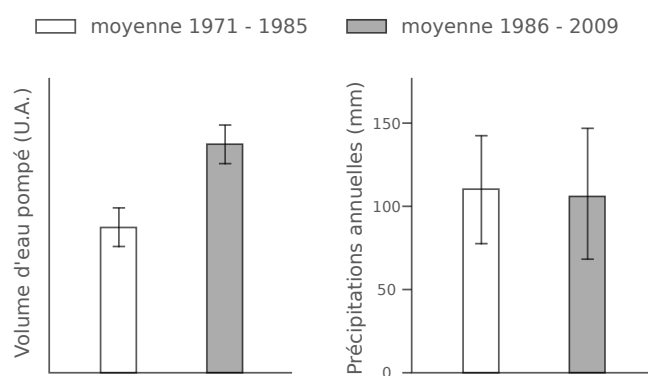


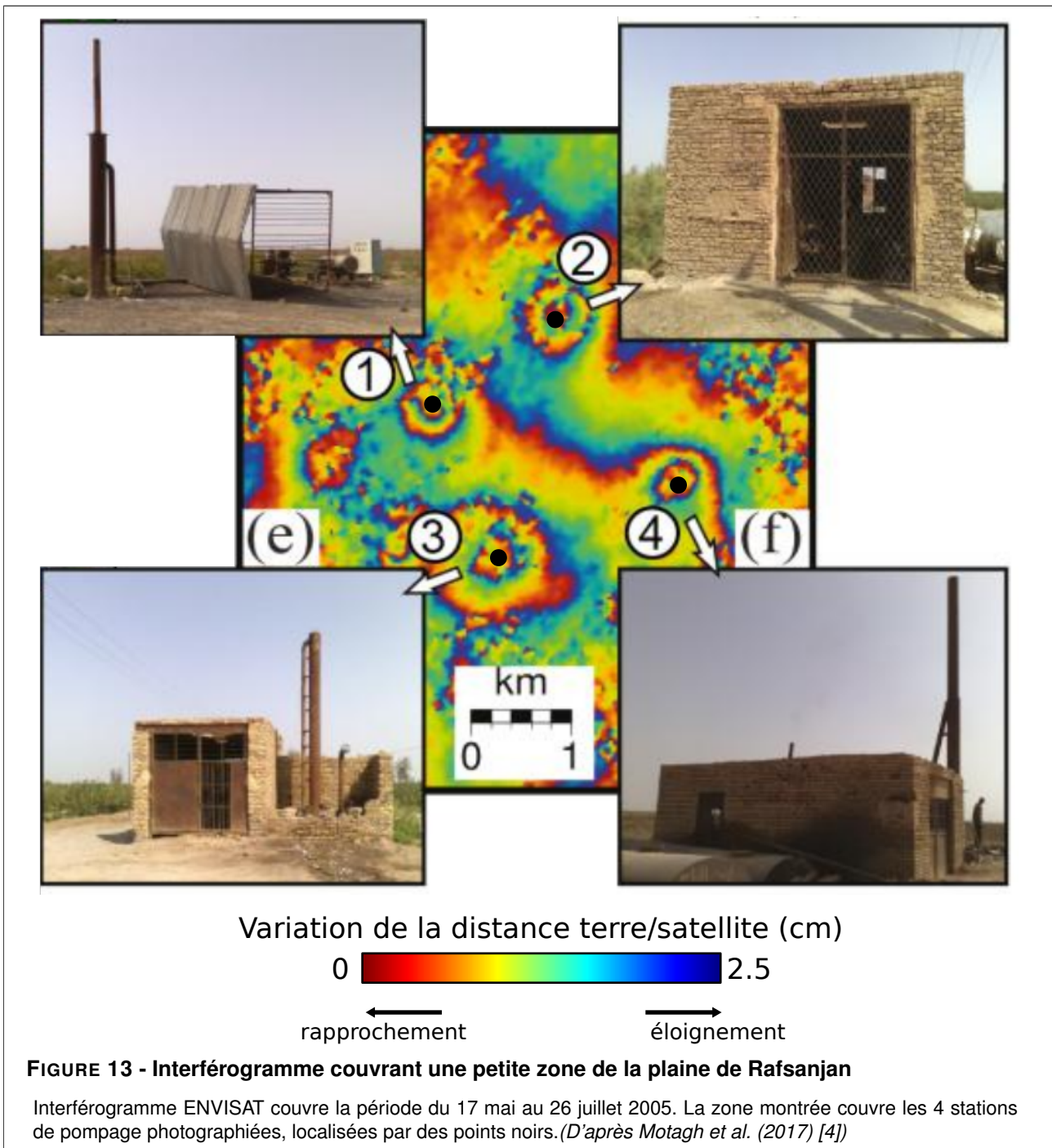
FIGURE 12 - Paramètres hydrologiques dans la plaine de Rafsanj

À gauche : Évolution du volume d'eau pompé (unités arbitraires) dans l'aquifère et des précipitations (en mm) dans la plaine de Rafsanj entre 1971 et 2009. À droite : Évolution du niveau du toit de la nappe d'eau dans l'aquifère dans la plaine de Rafsanj. (D'après Motagh et al. (2017) [4])

Question 11

La figure 13 montre un interférogamme couvrant plusieurs puits en activité :

- caractérisez le sens des déplacements visibles sur les 4 motifs mis en évidence.
- précisez les hypothèses formulées à la question précédente.



Thème 3 – Mouvements verticaux et tectonique salifère dans le Sud-Zagros

On s'intéresse à la partie méridionale du Zagros, en bordure du Golfe Persique. De nombreux dômes de sel y affleurent, les roches qui les composent ont été datées du protérozoïque.

Question 12

Les dômes de sel contiennent plusieurs types de roches, dont certaines contiennent de la halite. Un échantillon d'un dôme de sel est photographié à la figure 14 et contient d'autres minéraux que la halite :

- donnez la formule de la halite
- utilisez les informations fournies pour donner un nom à la roche de la figure 14, et précisez son mode de formation.



Composition chimique :
 $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$

Dureté : 2
(rayable à l'ongle)

Densité : 2.3

Pas d'effervescence à HCl

FIGURE 14 - Quelques caractéristiques de l'échantillon prélevé dans un « dôme de sel ».

Question 13

- À partir d'arguments tirés de la figure 15, expliquez en quoi les relations géométriques entre les dômes de sel et leur environnement peut être surprenante.
- Proposez un mécanisme permettant d'expliquer la position et la morphologie des dômes de sel en surface dans le Zagros. On donne : densité de la croûte continentale : 2.6, densité des roches constituant les dômes de sel : 2.3.

Question 14

À partir des données de la figure 15 :

- vous identifierez les structures visibles, que vous reporterez sur l'ombrage du modèle numérique de terrain donné en annexe A3, en respectant les légendes fournies
- vous reconstituerez une chronologie des événements ayant affecté la région.

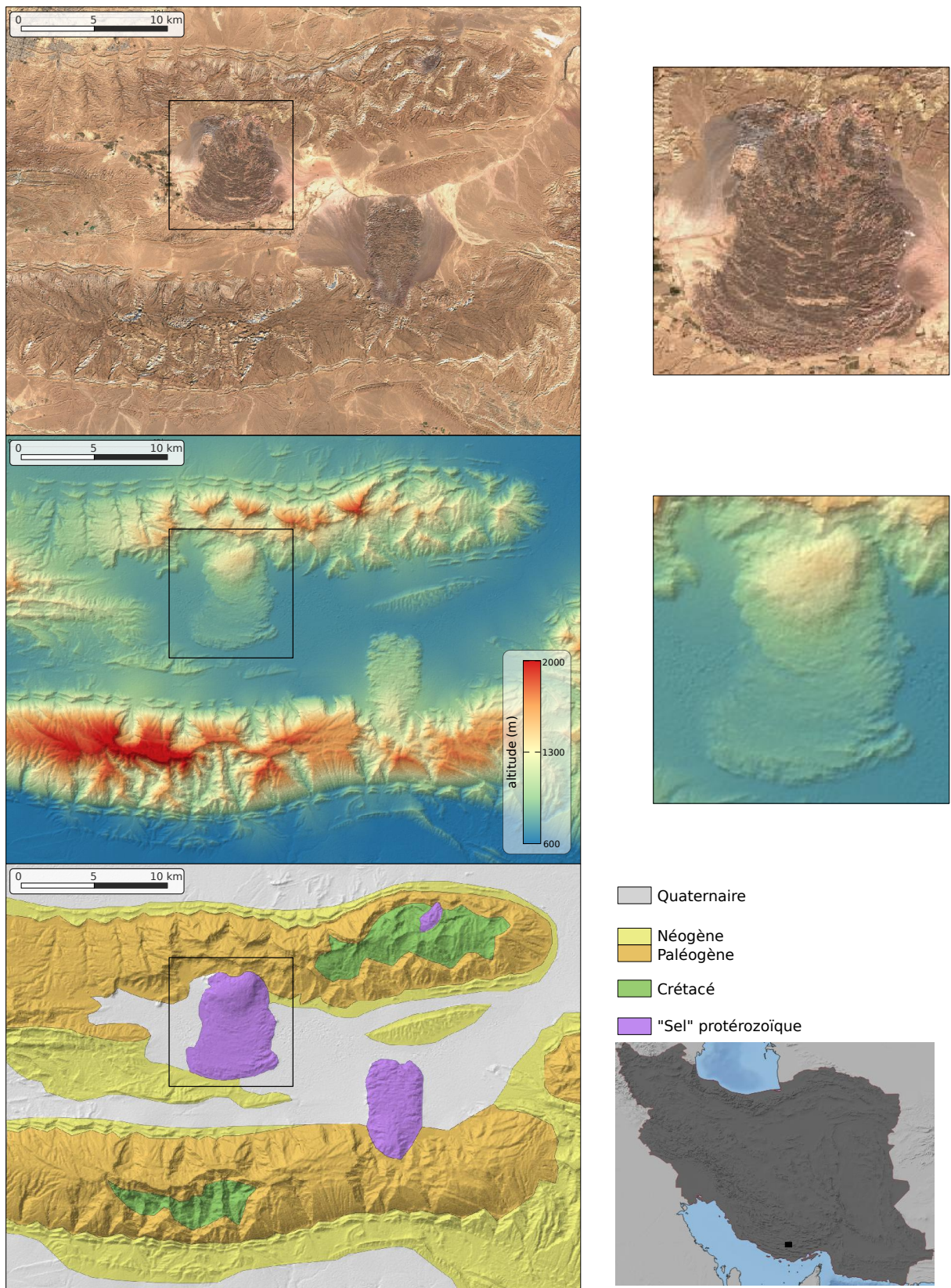







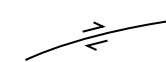
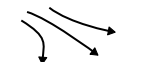



FIGURE 15 - Différentes données dans le Sud Zagros

En haut : Image satellite (*Données Sentinel 2*) **Au centre :** Modèle numérique de Terrain (*Données SRTM/NASA*)
En bas : Carte géologique (*Données Pollastro et al. (1999) [6]*) L'emprise des trois images est la même, et est indiquée sur la carte de l'Iran en médaillon (rectangle noir).

Question 14



légendes disponibles

-  axe de plis anticlinal
-  axe de plis synclinal
-  discordance
-  faille inverse
-  faille normale
-  faille décrochante
-  directions de fluage
-  point d'émergence des dômes de sel
-  structures visibles
-  structures supposées

Modèle SCAV-DOC v2.3 ©NEOPTÉC

Nom de famille (naissance) :

(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse/époux)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'embarquement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours :

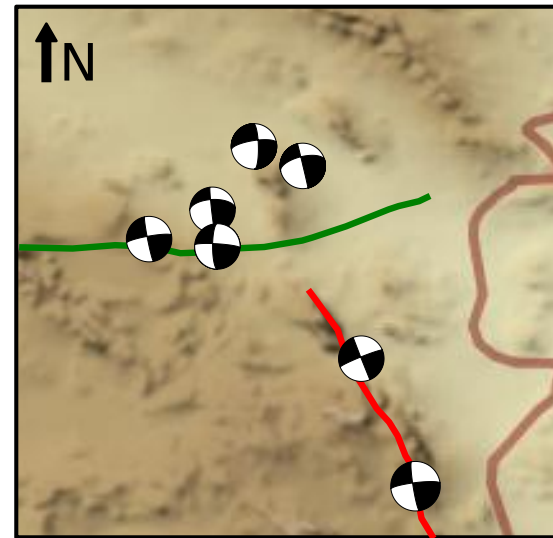
Epreuve :

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

Question 5

Jeu des failles



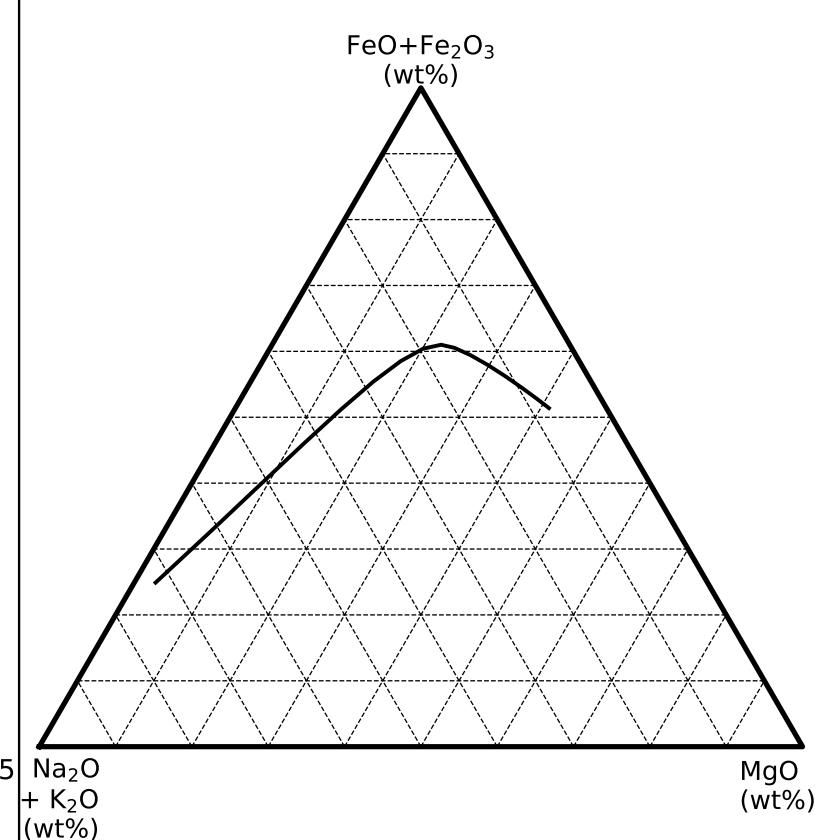
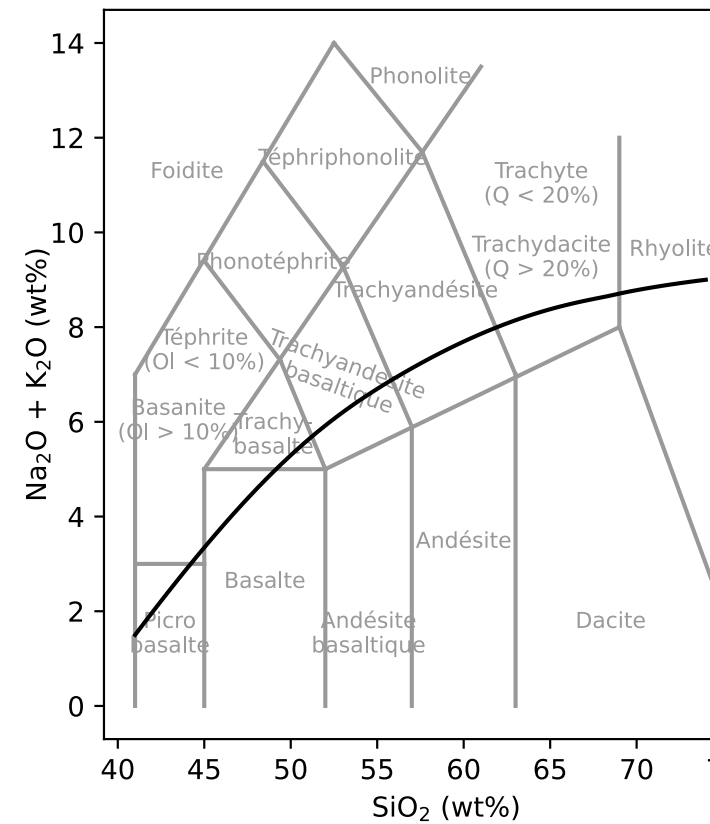
Ellipsoïde de déformation



Ellipsoïde de contraintes

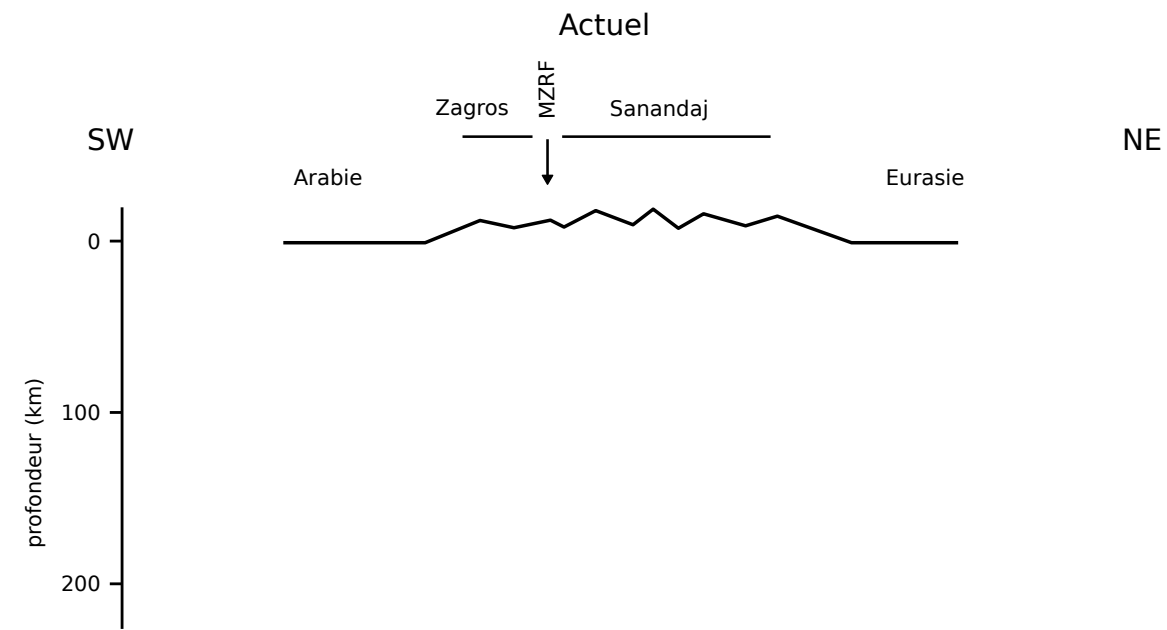


Question 7



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 9



Mésozoïque



Encart pour la question 10