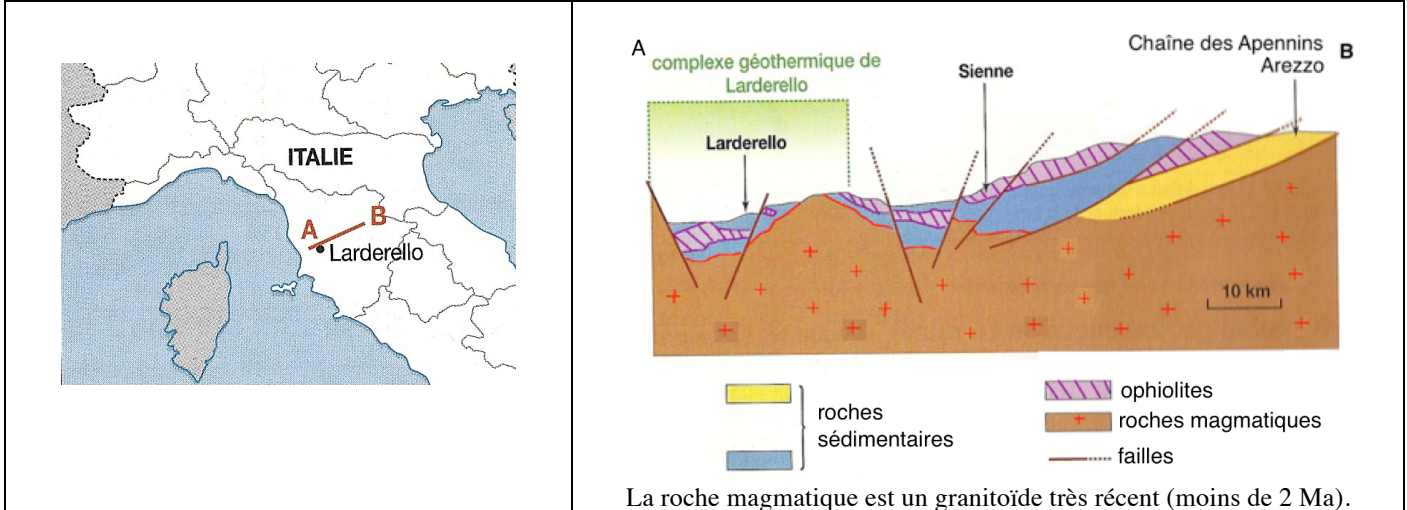


2ème PARTIE - Exercice 2 - Pratique d'une démarche scientifique ancrée dans des connaissances

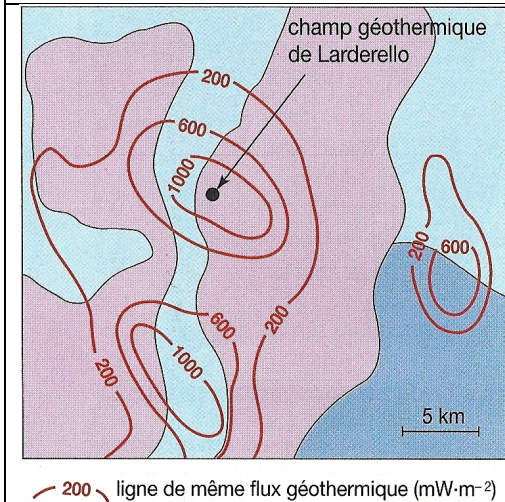
En Italie, dans la région de Grosseto (parc de Lagoni del Sasso), de nombreuses curiosités ont été observées dès la plus haute Antiquité : sources chaudes, souffles de vapeur... Longtemps jugées comme d'origine surnaturelle, ces manifestations ont une origine géologique particulière et sont actuellement exploitées à Larderello.

Après avoir défini les notions de flux et de gradient géothermiques et calculé le gradient géothermique dans la région de Larderello, démontrez dans quel contexte géodynamique ces manifestations se déroulent, et quelle application industrielle il est possible d'en tirer.

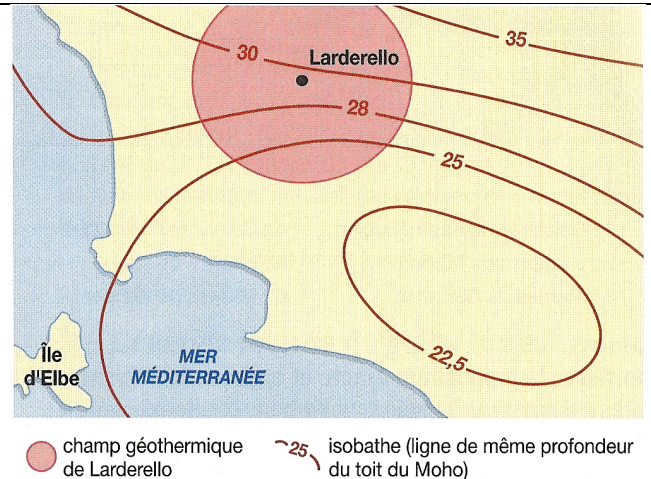
Document 1 : carte de situation et coupe géologique simplifiée selon le trait de coupe A-B.



Document 2 : flux géothermique en surface dans la zone concernée.



Document 3 : profondeur du toit du Moho (en km) dans la zone concernée.

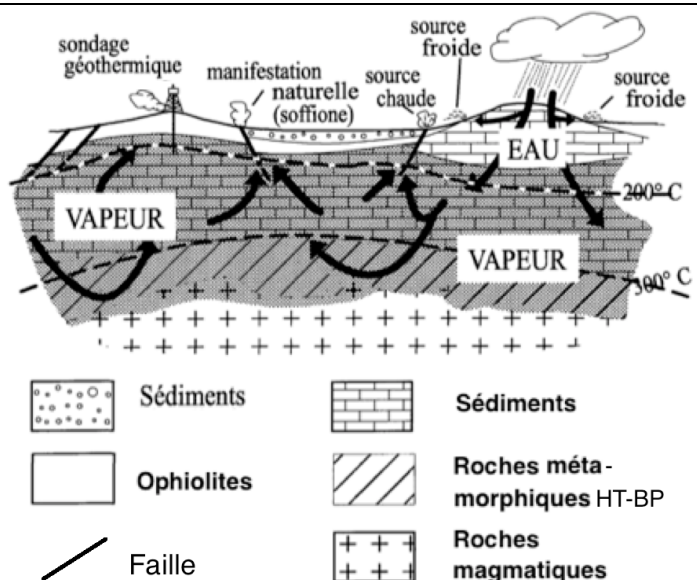


Larderello est un champ géothermique à vapeur dominante, dont les fluides sont constitués de vapeur surchauffée et de gaz, surgissant à une température entre 150 et 260°C, sous des pressions entre 4 et 20 bars. Le gaz est en général formé par 90% de CO_2 , avec de faibles quantités de H_2S , CH_4 , H_2 , N_2 , H_3BO_3 et NH_4 . Le débit des puits est en moyenne de 25 t/h de vapeur, mais il peut arriver à dépasser 350 t/h.

Au sommet du réservoir superficiel, la température dépasse localement 250°C, mais en profondeur la distribution régionale devient plus uniforme. La température maximale enregistrée a été celle de 437°C à 3 225 m de profondeur, dans des roches du soubassement métamorphique, à la partie méridionale du champ géothermique.

Document 4. Circulation des fluides dans le champ géothermique de Larderello.

Source : *Géologie Alpine*, 2001, t. 77, p. 9-21 par Michel DURAND-DELGA et al.



Après avoir défini les notions de flux et de gradient géothermiques et calculé le gradient géothermique dans la région de Larderello, démontrez dans quel contexte géodynamique cette géothermie se déroule, et quelle application il est possible d'en tirer.

Critères	Indicateurs (éléments de correction)
Éléments scientifiques issus du document : (complets, pertinents, utilisés à bon escient en accord avec le sujet...)	Flux géothermique : quantité de chaleur (énergie thermique) traversant une unité de surface par unité de temps (énergie thermique dissipée en surface sur un intervalle de temps). Gradient géothermique : rapport entre la variation de température entre deux points et la distance entre ceux-ci. Calcul du gradient : 437°C à 3,225 km soit 135°C /km environ, ce qui est élevé pour une croûte continentale (valeur théorique de 30°C / km). Doc1 : - se centrer sur Larderello sinon on part dans des détails qui faussent la réponse. On voit un socle granitique surmonté de roches sédimentaires et d'ophiolites (l'ensemble se prolongeant par des charriages à vergence est, constituant la chaîne des Apennins). - Présence de failles normales à inclinaisons opposées : c'est donc un bassin d'effondrement (contexte extensif) - Le socle granitique montre que nous sommes dans la LC. Doc3 : - Toit du Moho anormalement superficiel : entre 25 et 30 km vers Larderello (encore moins profond plus au sud). C'est un argument de plus en faveur de l'extension en ce lieu (amincissement crustal). Doc 2 : - Le flux géothermique est fort au niveau de Larderello et bien supérieur à la moyenne (quantifier), ce qui est cohérent avec un fort gradient géothermique. Doc 4 : - Présence d'infiltrations d'eau (fluides) en profondeur. L'eau se réchauffe au contact du granite et atteint des températures élevées, puis remonte sous forme de vapeur par les failles normales (ou alors grâce aux captages).
Éléments scientifiques issus des connaissances acquises	- L'extension de la LC correspond à un « rifting continental » : la LC (et en particulier la croûte) s'amincit, associé à l'apparition de failles normales : - Cela provoque une remontée de l'asthénosphère et donc de l'isotherme 1300°C. - Le flux et le gradient géothermiques sont alors plus élevés. - Il s'agit d'un exemple de géothermie haute énergie. - Les fluides (eau) peuvent servir à produire de l'électricité via une turbine et un alternateur.
Éléments de démarche	* Le devoir s'appuie sur l'exploitation des 4 documents, mis en relation avec les connaissances. * Problématique clairement posée en introduction. * Conclusion répondant à la double problématique

Qualité de la démarche	Éléments scientifiques tirés des documents et issus des connaissances	
Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique	Suffisants dans les deux domaines.	5
	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre ou moyen dans les deux.	4
Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre ou moyen dans les deux.	3
	Moyen dans l'un des domaines et insuffisant dans l'autre.	2
Aucune démarche ou démarche incohérente	Insuffisant dans les deux domaines.	1
	Rien	0